

INFLUENCE DE LA MISE EN CULTURE ET DE LA JACHÈRE FORESTIÈRE SUR L'ÉVOLUTION DES SOLS FORESTIERS TROPICAUX

Roland MOREAU¹

RÉSUMÉ

Les écosystèmes forestiers des régions tropicales humides se caractérisent par la pauvreté chimique du sol (ferrallitique fortement désaturé) et la luxuriance de la végétation où se situe l'essentiel de la richesse minérale participant aux cycles biogéodynamiques. Dès la mise en culture se produisent des modifications plus ou moins importantes du sol, en fonction du mode de défrichement. La pratique du brûlis favorise la correction de l'acidité et l'amélioration des caractérisations chimiques du sol ; ses effets peuvent se prolonger pendant plusieurs années sous les jachères ou plantations arborées. La combustion très inégale de la végétation sur l'abattis accroît la variabilité spatiale au niveau du sol et du recru forestier. L'équilibre entre brûlis et jachères doit constituer un élément déterminant de la gestion agricole des milieux forestiers, dans le cadre de systèmes d'exploitation à faible niveau d'intrants.

Mots-Clés : *Brûlis, défrichement, évolution des sols cultivés, écosystème tropical forestier, jachère, sols ferrallitiques.*

ABSTRACT: *The influence of cultivation and forestry fallowing on the evolution of tropical forestry soils. The forest ecosystems of humid tropical zones are characterized by chemically poor soils (highly desaturated ferrallitic soil) and by the luxurious vegetation in which is fixed most of the mineral richness which takes part in the biogeodynamic cycle. When the land is put into cultivation changes in the soil take place which are more or less significant and which depend on the type of clearing method used. Burning off methods correct the acidity and improve the chemical characteristics of the soil; these effects can last many years under fallowing or tree plantations. The unequal burning of the vegetation around fallen trees increases the spatial variability of the soil and the forest regrowth. Within the exploitation system with a low input level the balance between burning back and fallowing is an essential factor in the management of agro-forestry.*

Key words: *burn-off, land-clearing, cultivated soil evolution, tropical forestry, ecosystem, fallowing, ferrallitic soils.*

¹ ORSTOM, 911 av. Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier

SOLS ET FERTILITÉ DES MILIEUX TROPICAUX HUMIDES

Les forêts tropicales humides caractérisent la zone des basses latitudes qui chevauche l'équateur terrestre. Les températures y sont élevées toute l'année : moyenne de l'ordre de 26°C, les précipitations abondantes : supérieures à 1.200 mm et jusqu'à plusieurs mètres de pluie par an, et relativement bien réparties sur toute l'année. La pluviométrie est supérieure à 100 mm au moins sur 7 mois de l'année et présente une distribution annuelle bimodale : deux saisons des pluies alternant avec deux saisons sèches relatives. Comparées aux zones de savane soudano-sahéliennes, les conditions climatiques se traduisent par une atténuation des contrastes saisonniers, d'autant plus nette que l'on se rapproche de l'équateur (température, pluviométrie, photopériodisme). L'ensemble de ces conditions induit le développement des sols et de la végétation vers des types caractéristiques de cette zone tropicale humide.

La pédogénèse atteint ici ses stades de développement les plus avancés : c'est le domaine des sols ferrallitiques riches en kaolinite et en oxyhydroxydes de fer et d'aluminium qui occupent toutes les zones de pédogénèse ancienne. Ces sols sont généralement profonds (jusqu'à 10 et 20 m), mais peuvent contenir des nappes de gravats (gravillons ferrugineux, quartz) ou des niveaux indurés (carapace, cuirasse) susceptibles de constituer des obstacles pour la mise en culture.

A l'état naturel, les sols ferrallitiques présentent de bonnes propriétés physiques (structure, porosité, drainage) ; mais celles-ci peuvent se dégrader rapidement sous l'effet des contraintes culturales (compaction). En raison de la nature de leurs constituants, ces sols ont une capacité d'échange cationique faible : inférieure à 10 mé/100 g) et variable avec le pH. Ce sont des sols chimiquement pauvres, acides ou susceptibles de s'acidifier fortement sous culture, avec des risques fréquents de toxicité de l'aluminium et du manganèse lorsque le pH est inférieur à 5,5.

Les sols ferrallitiques sont généralement bien pourvus en matière organique dont les conditions d'évolution favorisent la complexation et la lixiviation des éléments minéraux vers la profondeur et contribuent à l'acidité du sol, conduisant même, dans certaines situations (pauvreté de la roche-mère, fortes précipitations, diminution des températures avec l'altitude), vers une évolution de type podzolique et à la formation de podzols tropicaux infertiles.

Les conditions climatiques qui permettent une activité photosynthétique pratiquement toute l'année favorisent le développement d'une végétation luxuriante, généralement représentée par la forêt sempervirente ; vers les plus hautes latitudes, et lorsque les contraintes de sécheresse s'accroissent, celle-ci laisse la place à la forêt semi-décidue. La végétation forestière joue un rôle capital vis-à-vis de l'équilibre du sol et de l'écosystème, dont l'importance est à la mesure des difficultés rencontrées pour le développement d'une agriculture intensive dans ces milieux.

La forêt protège le sol contre l'action des agents atmosphériques : agressivité des pluies et érosion, régulation des régimes thermiques et hydriques. Elle assure le stockage biologique des éléments minéraux ainsi soustraits du risque de lixiviation qui existe au niveau du sol et représente le principal facteur de richesse de l'écosystème. Ainsi en basse Côte-d'Ivoire, on peut évaluer, d'après BERNHART-REVERSAT (1975), que 90 % des éléments minéraux d'origine tellurique de l'écosystème forestier (P, Ca, Mg, K : minéralomasse + formes assimilables du sol de 0 à 50 cm) sont retenus dans la végétation. La forte concentration de racines et mycorhizes à la partie superficielle du sol (RAMBELLI et al, 1983), assure un recyclage efficace des éléments minéraux provenant des litières dont les restitutions et la minéralisation rapide s'étalent sur toute l'année.

Les fines racines assimilatrices se développent d'ailleurs en abondance dans la couche de litière, au contact des débris végétaux en décomposition, et la forêt paraît vivre essentiellement de ses propres restitutions ; ce qui peut expliquer le bon développement qu'on lui connaît, malgré la pauvreté chronique des sols auxquels elle se retrouve généralement associée. On comprend donc que tout défrichement précédant une mise en culture, affectant en premier lieu la végétation, touche d'abord le terme qui concentre l'essentiel de la richesse et entraîne un traumatisme majeur de l'écosystème.

Le défrichement et les conditions d'exploitation qui lui succèdent déterminent le devenir de la végétation forestière et de la richesse organique et minérale qu'elle représente. L'ensemble affecte également les caractéristiques du sol dont nous nous proposons d'examiner les modifications selon différents types de défrichement. L'influence plus spécifique de la culture sur brûlis et de la jachère forestière sera évoquée par la suite.

MODIFICATIONS DU SOL SOUS L'EFFET DES DÉFRICHEMENTS

Les résultats rapportés ci-dessous concernent trois types de défrichement réalisés sur trois sites de mise en culture en Côte-d'Ivoire forestière, sur sols ferrallitiques fortement désaturés (tableau I). Dans les trois cas, les systèmes d'exploitation sont basés sur des cultures vivrières annuelles, mais les conditions de défrichement sont différentes :

ENSA : défrichement et andainage au bulldozer, puis sous-solage et aplanissement (disques) au tracteur,

ADIPODOUME : défrichement intégral avec dessouchage manuel et brûlage, puis débardage, sous-solage et aplanissement au tracteur,

TAI : défrichement manuel traditionnel, laissant subsister quelques arbres (plus nombreux en T1 2 qu'en T1 1), sans dessouchage ni débardage ; deux années de culture de riz sur brûlis, puis retour à la jachère forestière.

L'effet du défrichement est apprécié par comparaison des caractéristiques du sol entre parcelles défrichée et témoin d'un même couple implanté avant les opérations de défrichement. Selon les sites, la superficie des parcelles varie entre 500 et 1500 m². Un échantillonnage composite de 30 prises élémentaires a été réalisé à 0-10, 10-20 et 20 cm sur chaque parcelle, avant et après les opérations de défrichement. Les résultats présentés portent sur l'épaisseur 0-30 cm, afin de comparer les 3 situations sur une profondeur semblable (mélange des horizons par le labour) ; chaque résultat représente la moyenne obtenue sur deux parcelles défrichées placées dans des conditions semblables. Le graphique de la figure 1 montre les écarts défriche-témoin exprimés en pourcentage de la valeur du témoin : $\Delta \%$ (correction faite de la différence initiale éventuelle entre les 2 parcelles d'un même couple). Les principales caractéristiques analytiques du sol sont résumées au tableau II ; le caractère d'acidité est bien affirmé dans les trois cas de situation étudiés.

Les modifications résultant du défrichement diffèrent selon les paramètres considérés et le type de défrichement pratiqué (figure 1). Ces modifications se traduisent par une péjoration de beaucoup des caractéristiques du sol : accroissement de l'instabilité structurale (Is) sur les trois sites d'étude ; diminution de l'activité phosphatase (Pp)², du quotient de minéralisation du carbone (QM)³, du carbone total (Ct) et de l'azote total (Nt), à l'ENSA et à Adiopodoumé. Mais plusieurs caractéristiques, parmi les plus importantes,

² quantité de phénol libérée par l'hydrolyse de phenyl phosphate en 2 heures d'incubation à 30°C, par gramme de sol

³ carbone minéralisé en 1 semaine d'incubation/carbone total) x 100

connaissent, par contre, des variations positives très significatives : augmentation des bases échangeables (S) à Taï et Adiopodoumé, de l'azote minéral (azote nitrique notamment) sur les trois sites.

Tableau I : Caractères du milieu et des sols sur les 3 sites d'étude

	Localisation	Climat	Plu- vio- mè- trie	Modelé	Situation parcelles	Roche mère	sol	Végétation	Code par- celle
Adiopo- doumé (1)	4°13'W 5°13'N région Sud	Subéquato- rial à deux saisons pluvieuses	2100 mm	Plateau ondulé. Pente <6 %. Vallées mortes (pente des versants : 20-50 %) se raccordant à la zone lagunaire que surplombe le plateau	Plateau Pente 2 %	Sables terti- aires	Ferrallitique fortement désaturé, appauvri	Forêt secondaire sempervirente dégradée	DP
	E.N.S.A. (2)				4°01'W 5°23'N Région Sud			Bordure de plateau pente 4 %	Forêt secondaire sempervirente protégée
TAI (3)	7°20'W 5°50'N Région Sud- Ouest	Subéquato- rial à deux saisons pluvieuses	1950 mm	Ondulé à versants assez courts : 500 m. Pentes jusqu'à 20 %	Bas de versant Pente 7 %	Mig- matite	Ferrallitique fortement désaturé, sur colluvions	Forêt primaire sempervirente	Ti 1
					Milieu de versant. Pente 7 %		Ferrallitique fortement désaturé, remanié à recouvrement (15- 20 cm)		Ti 2

(1) Concession de l'ORSTOM ; (2) Domaine de l'ENSA, forêt d'ABOBO ; (3) Station du projet MAB de Taï (UNESCO)

Tableau II : Caractéristiques du sol à l'état initial (0-30 cm)

	Argile		Capacité	Bases	pH eau	Carbon	Carbone	Azote	N- NH ₄	N- NO ₃	Phospha- tase (µg phenol /g sol)
	limon fin %	Is (Hénin)	d'échange (mél/100g)	échan- geables (mél/100g)		total ‰	minéralisab le (Q.M.)	total ‰	(10 ⁻⁵)	(10 ⁻⁵)	
Adiopodoumé : DP	11.5	0.38	5.83	0.70	4.60	9.55	0.78	0.80	0.67	0.02	54
ENSA : EN	18.3	0.57	8.08	0.44	4.40	16.20	0.42	1.14	0.81	0.03	74
TAI : Ti 1	20.4	1.18	3.39	0.37	4.80	8.01	0.81	0.59	2.43	0.05	71

A l'exception des bases échangeables et du pH dans les cas de brûlis (Taï et Adiopodoumé), ce sont les caractéristiques structurales et biologiques qui paraissent, à court terme, les plus sensibles au défrichement. La minéralisation de l'azote, notamment la nitrification, est dans tous les cas favorisée par le défrichement. Cependant, l'accroissement d'azote nitrique est plus élevé sur brûlis, proportionnellement à l'élévation du pH. Le mode de défrichement est un élément déterminant des modifications de l'état du sol, à la mise en culture.

- **Le défrichement au bulldozer**, avec andainage de la végétation, impose les perturbations mécaniques les plus fortes et entraîne les dégradations les plus importantes des caractéristiques structurales et organo-biologiques. Ces dégradations peuvent être beaucoup plus sévères si le travail est réalisé dans de mauvaises conditions : sol humide, décapage de l'horizon supérieur... ; ce qui n'était pas le cas sur le site étudié à l'ENSA.

- **Le défrichement intégral manuel** pratiqué à Adiopodoumé apparaît bien moins perturbateur. Les perturbations mécaniques et la redistribution des constituants du sol restent superficielles ou très localisées à l'emplacement des arbres dessouchés ; la dégradation des caractéristiques structurales et organo-biologiques reste limitée. Le brûlage de la végétation (à l'exception des troncs et branchages les plus gros) a entraîné une forte augmentation des bases et du pH.

- L'action bénéfique du brûlis détermine le trait d'évolution le plus marquant du sol dans le cas du **défrichement traditionnel**. En raison d'un état de dessèchement moins avancé, le brûlis de première année à Taï a été moins efficace qu'à Adiopodoumé : ce qui explique l'élévation plus faible des bases échangeables. Il n'apparaît pas, par ailleurs, de modification significative des autres caractéristiques du sol, à l'exception de l'azote minéral.

Le brûlage favorise le recyclage de la richesse minérale contenue dans la végétation, sur la défriche, par la production de cendres et la décomposition ultérieure des résidus végétaux non brûlés, si ceux-ci sont laissés sur place, comme c'est le cas avec les systèmes traditionnels. La libération de bases alcalines et l'élévation du pH qui résultent du brûlage ont des conséquences particulièrement favorables sur les sols acides, présentant des risques de toxicité aluminique ou manganique. Les résultats obtenus à Taï, par exemple, font apparaître une relation linéaire négative entre les teneurs en aluminium échangeable et l'élévation du pH dans l'horizon supérieur du sol, sur brûlis (figure 2).

Le système de défrichement traditionnel sur brûlis, tel que celui pratiqué à Taï, s'avère le moins perturbateur et paraît n'avoir, à court terme, que des conséquences favorables sur l'état du sol. On peut cependant penser que les conséquences de la mise en culture sur l'évolution du sol vont encore s'exercer au-delà du stade de défrichement, au cours de la phase de culture et sous la jachère forestière ultérieure. L'étude suivie des parcelles de défrichement, à Taï, permet de préciser les traits les plus marquants de cette évolution, au cours des six années qui suivent le défrichement.

ÉVOLUTION DU SOL SOUS LES CULTURES ET LA JACHÈRE FORESTIÈRE

L'évolution du sol des deux parcelles T₁ 1 et T₁ 2 a été suivie de 1978 à 1984. Ces parcelles occupent deux situations topographiques différentes (tableau I), l'une sur sol ferrallitique fortement désaturé appauvri sur colluvions, en bas de versant (T₁ 1) et l'autre sur sol ferrallitique fortement désaturé remanié à recouvrement, en milieu de versant (T₁ 2). Les deux types de sol présentent des caractéristiques analytiques sensiblement différentes ; le sol de bas de pente apparaissant moins bien pourvu en éléments minéraux et en matière organique que le sol de mi-pente (tableau III).

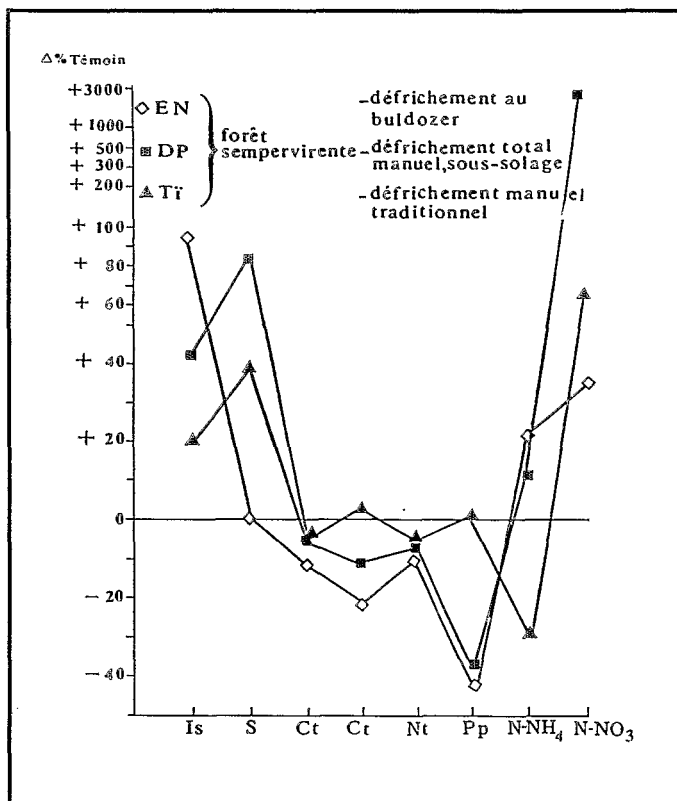


Figure 1 : Valeurs relatives des caractéristiques du sol après défrichement (0-30 cm)

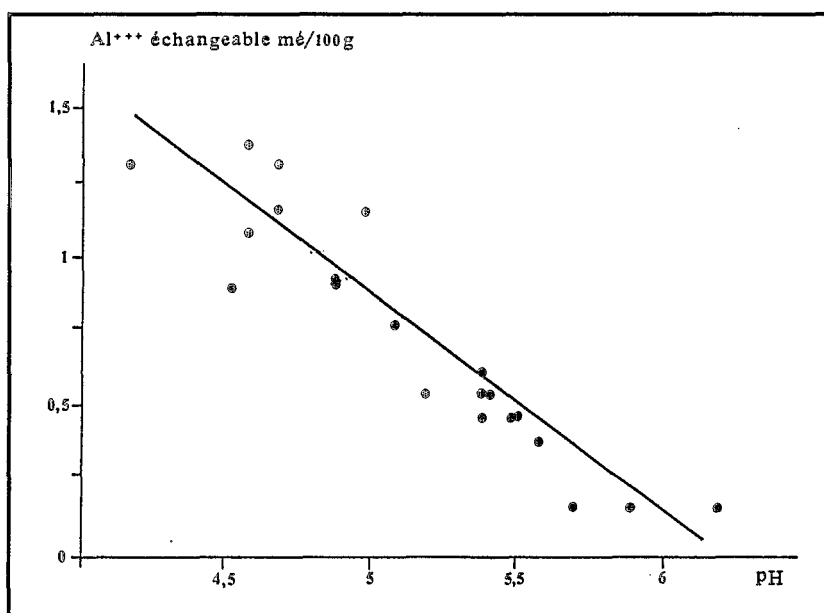


Figure 2 : Relation entre l'aluminium échangeable et le pH dans des sols ferrallitiques de Côte-d'Ivoire (Taï)

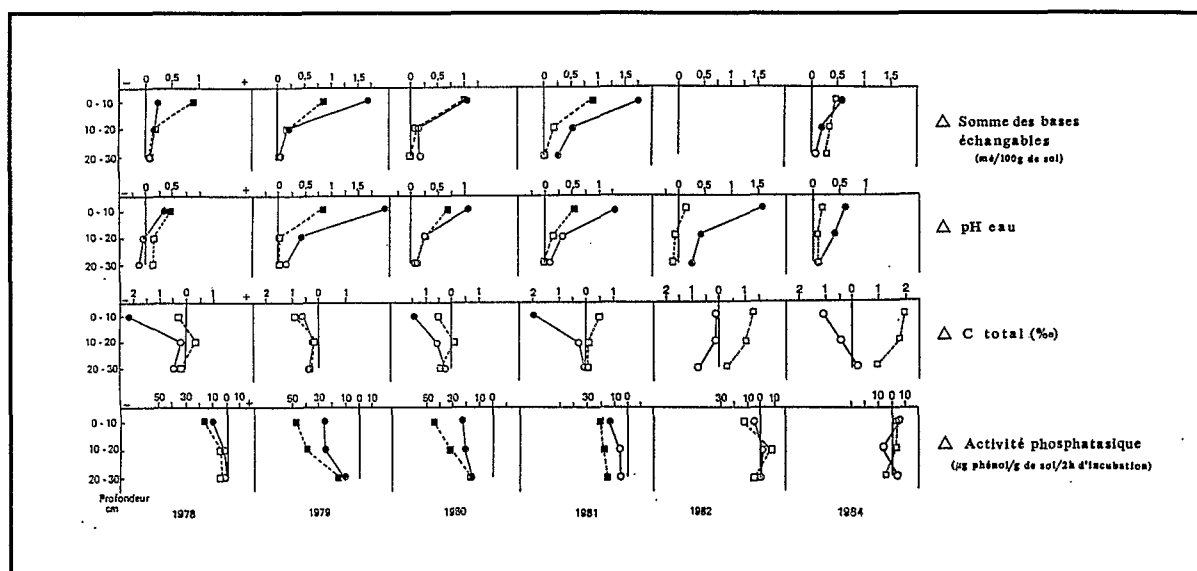


Figure 3 : Evolution des caractéristiques du sol après la mise en culture

□ parcelle de mi-pente Ti 2 ○ parcelle de bas de pente Ti 1
(différence significative ($P=0,05$))

Tableau III : Caractéristiques analytiques du sol sur les parcelles Ti 1 et Ti 2

	Argile + limons fins (%)	Bases échangeables (me/100g)	pH eau	C total (%)	P ₂ O ₅ total (%)	Phosphatase (µg phénol par g de sol)
Ti 1 - Bas de pente						
0-10 cm	13.9	0.70	4.80	11.60	0.15	108
10-20 cm	21.9	0.25	4.80	6.90	0.14	62
20-30 cm	25.3	0.20	5.00	5.55	0.13	42
Ti 2 - Mi-pente :						
0-10 cm	14.3	2.05	5.20	13.10	0.23	129
10-20 cm	19.8	0.90	5.10	8.30	0.22	73
20-30 cm	24.8	0.40	5.20	6.10	0.19	45

Les prélèvements ont été effectués selon les modalités précédemment indiquées, après brûlage de l'abattis (avril - mai) pendant les deux années de culture de riz : 1978 et 1979, puis au début de la saison sèche (janvier) pour les années suivantes, après le retour sous recrû forestier, en 1980, 1981, 1982 et 1984. Les résultats présentés à la figure 3 concernent les trois profondeurs : 0-10, 10-20 et 20-30 cm, et sont exprimés par différence des valeurs absolues entre les parcelles d'un couple comparatif (Δ = parcelle cultivée - parcelle témoin).

Caractéristiques morphologiques et physiques.

On constate, dès la première année de mise en culture, la disparition des gros turricules et l'aplanissement du micro-relief existant sous forêt. Les fines racines superficielles (diamètre de l'ordre de millimètre) se

décomposent également dès les premiers mois, alors que les racines plus grossières et profondes (diamètre de l'ordre du centimètre) disparaîtront au cours de la deuxième année de culture.

La structure de l'horizon superficiel sablo-organique, de caractère grumeleux sous forêt, tend à s'effondrer et devient plutôt particulaire dans les champs de culture. Malgré cette dégradation de la macrostructure, il n'y a pas de compaction du sol, et la mise en culture traditionnelle ne paraît pas entraîner de modification sensible de la porosité (FRITSCH, 1982). Ainsi, l'indice d'instabilité structurale (Is) n'évolue pas de façon significative. Toutefois, la résistance à l'eau des agrégats après traitement au benzène diminue dans l'horizon supérieur. Cette diminution se prolonge au moins pendant les premières années de jachère forestière et se trouve significative sur la parcelle T1, où la diminution de matière organique est également la plus sensible.

Caractéristiques chimiques.

Les modifications les plus nettes concernent l'horizon supérieur du sol et diminuent rapidement avec la profondeur (figure 3). L'enrichissement minéral se manifeste de façon la plus significative au niveau 0-10 cm, où l'augmentation de la somme des bases échangeables peut atteindre 1 à 1,5 mé/100g et celle du pH 1 à 2 unités. L'accroissement de ces paramètres apparaît plus important en deuxième année, particulièrement sur la parcelle T1 (bas de pente) où les valeurs atteignent le double de celles obtenues sur la parcelle T2 (mi-pente) ; alors que l'élévation avait été sensiblement plus importante sur cette dernière parcelle, la première année. Ce résultat s'explique par le fait que la parcelle T1 portait une grande quantité de gros branchages ayant mal brûlé en première année, et dont la combustion complète en deuxième année a fourni une plus grande abondance de cendres que sur la parcelle T2.

L'enrichissement en bases échangeables et l'élévation du pH résultant de la mise en culture sur brûlis subsistent en fin de culture, mais avec des valeurs plus élevées en T1 qu'en T2. Le sol de bas de pente, le plus pauvre à l'état initial, a davantage bénéficié des effets de la mise en culture. L'effet bénéfique du brûlis sur les bases échangeables et sur le pH se perpétue ensuite sous le recrû forestier, au moins jusqu'à la sixième année, où les différences de valeur avec le témoin forestier se sont cependant beaucoup réduites et n'apparaissent plus significatives pour T2. (figure 3).

Il n'est pas apparu, sur les parcelles T1 et T2, de variations significatives des teneurs en phosphore. Cet élément représente le principal facteur chimique limitant pour la culture du riz sur brûlis, dans la région de Taï. (VAN REULER et JANSSEN, 1989).

Caractéristiques organo-biologiques.

La parcelle T1 de bas de pente, qui a connu l'élévation de pH la plus forte, enregistre également des diminutions significatives du carbone et de l'azote jusqu'à la deuxième année de jachère (figure 3). Ces diminutions restent cependant très limitées, n'excédant pas 15 % de la valeur initiale, au niveau 0-10 cm, pour le carbone total. La parcelle T2 ne présente pas de variations significatives du taux de matière organique. On y observe, toutefois, une augmentation assez nette du carbone total en 1982, se confirmant en 1984, qui pourrait résulter du pourrissement des troncs et gros branchages non brûlés, plus abondants sur cette parcelle plus ombragée en raison du plus grand nombre d'arbres laissés sur pied.

L'activité phosphatase, paramètre indicateur de l'activité enzymatique liée à l'activité biologique globale, diminue de façon significative sur toutes les parcelles de 0 à 10 cm, dès le premier défrichement. Ce paramètre s'avère toujours très sensible à la disparition de la végétation forestière, sur tous les défrichements de forêt que nous avons pu étudier (MOREAU, 1983). La diminution de phosphatase s'accroît la deuxième année, et affecte également le sol en profondeur jusqu'à 30 cm (figure 3). Le retour du recrû forestier s'accompagne d'une

évolution inverse de l'activité phosphatasique qui retrouve, dès 1982 sur les parcelles T1 et T2, des valeurs comparables à celles des témoins forestiers.

PRATIQUE DU BRÛLIS ET JACHÈRE FORESTIÈRE

Les modifications chimiques les plus importantes et durables sont liées à l'activité du feu dont l'efficacité est très inégale d'un endroit à l'autre, sur abattis forestier. En effet, les résultats du brûlage dépendent de l'abondance, de la répartition et de l'état de dessèchement de la végétation existant sur l'abattis. Selon les conditions d'ombrage et les conditions météorologiques pendant la période précédant le brûlage, après la coupe, le dessèchement plus ou moins avancé de la végétation détermine son degré de combustion au cours du brûlage : combustion complète, partielle ou nulle.

La combustion est généralement plus complète sur défriche de jachère forestière que sur défriche de forêt bien développée, où la plus grande abondance de végétation limite son dessèchement. Sur défriche de forêt primaire, à Taï, les conditions de séchage ayant été médiocres, le brûlage a été très incomplet et irrégulier. La quantité de cendres produite la première année était de l'ordre de 200 à 250 kg ha⁻¹ sur la défriche de bas de pente (T1). Il subsistait à la même époque une abondante quantité de végétation très irrégulièrement répartie ; la litière fine (feuilles, fruits et fines ramures) y représentait une moyenne de 5 t.ha⁻¹ de matière sèche, contre 2,5 t.ha⁻¹ sous forêt.

L'action du feu, qui s'exerce de façon inégale, apparaît comme un facteur de variabilité spatiale important pour l'évolution des caractéristiques chimiques du sol. L'élévation des bases échangeables et du pH, en particulier, peut être différente d'un endroit à l'autre, sur la défriche. L'hétérogénéité spatiale qui se crée sur brûlis subsiste encore pendant plusieurs années sous recrû forestier, comme le montre l'étude ponctuelle du pH réalisé à Taï en 1984, sur la parcelle T1. Sur des prélèvements ponctuels réalisés selon un quadrillage régulier (mailles de 7 x 7 m et de 3,5 x 3,5 m), on observe un large éventail des valeurs de pH obtenues dans l'horizon superficiel de 0 à 3,5 cm. Les valeurs s'étalent de 4,7 à 7,6 et permettent d'isoler les secteurs les plus marqués par les arrière-effets du brûlis : valeurs de pH systématiquement supérieures à 6. On a pu identifier, par exemple, un secteur de plus de 50 m² où les valeurs de pH sont systématiquement supérieures à 7 et qui correspond à l'emplacement d'un amoncellement de branchages dont la combustion avait été totale en deuxième année de culture (1979). Six ans après le défrichement, l'influence du brûlis reste très fortement marquée à cet emplacement où l'élévation du pH et des bases échangeables se manifeste jusqu'à 30 cm de profondeur, et où l'on note la présence de carbonate de calcium (2 à 7 10⁻³) accompagnant les valeurs de pH élevées (tableau IV).

Tableau IV : Quelques caractéristiques des échantillons ponctuels de l'horizon 0-3,5 cm, sur T1 en 1984

Echantillons	pH eau	CO ₃ Ca ‰	S/T %
D2E2	7.6	2.0	94
C1D2	7.4	2.2	123
D1D2	7.4	3.3	120
D3F3	7.0	4.8	142
D2C3	7.5	7.3	252
C2D2	7.5	7.4	238

La présence de carbonate de calcium, dans un sol ferrallitique acide, plusieurs années après brûlis, souligne l'importance et de la durée des modifications résultant de l'action du feu. Les cendres issues de la combustion au moment du défrichement contenaient de 5 à 7 % de CO_3Ca ; une partie du carbonate s'est donc maintenue sous la jachère forestière, aux endroits ayant reçu les fortes quantités de cendre⁴

WATTEZ et COURTY (1987) ont établi, en région tempérée, que le carbonate de calcium présent dans les cendres, après combustion d'une végétation forestière, provenait de la transformation directe de l'oxalate de calcium préexistant à l'intérieur des cellules des plantes ligneuses. Ce phénomène n'interviendrait pas au cours de la combustion d'une végétation herbacée, notamment graminéenne, dont les cellules ne contiennent pas d'oxalate de calcium. Les quelques données analytiques de cendres obtenues par brûlage de savane dont nous avons connaissance ne montrent pas, en effet, l'existence de carbonate en quantité appréciable.

La présence de carbonate intervient comme un facteur de ralentissement de la solubilisation et de la lixiviation du calcium. Les fortes valeurs de pH augmentent également la capacité d'échange de ce type de sol à charges variables (qui peut doubler ou tripler) et contribuent, aussi, à une meilleure rétention des bases. L'ensemble favorise le maintien d'un taux de saturation élevé s'opposant à l'évolution naturelle acidifiante du sol, en milieu tropical humide. L'élévation du pH peut ainsi se maintenir pendant plusieurs années. Des valeurs supérieures à 6 et même à 7 sont encore observées cinq années après défrichement sous des plantations de caféiers (plantation Bernard à Taï) et de cacaoyers (De ROUW, 1991) établies après les cultures sur brûlis.

Sur le plan analytique, l'existence de carbonates peut fausser les résultats obtenus avec les méthodes classiques utilisées sur sol acide, pour certaines déterminations. Les données concernant le taux de saturation (S/T %), au tableau IV, montrent que les bases échangeables ont été surestimées. C'est qu'en effet une partie du carbonate de calcium a été solubilisée par l'acétate d'ammonium utilisé dans la détermination des bases échangeables par la méthode internationale, la plus couramment pratiquée. En présence de carbonates, le carbone organique total se trouve également surestimé par les méthodes de dosage physiques (Coulomat, CHN) basées sur la combustion complète de l'échantillon sous oxygène, vers 1000°C. On devra donc penser à ces difficultés chaque fois que l'on aura à travailler sur des terrains ayant été soumis au brûlage et où l'on pourra soupçonner l'existence de carbonates, en présence de valeurs élevées du pH.

Il conviendrait également d'apprécier les conséquences du défrichement traditionnel sur l'hétérogénéité du sol, à l'échelle de la parcelle, avant de décider d'un plan de prélèvement lorsqu'il s'agit de développer des études pour la caractérisation ou le suivi du sol et même de la végétation, sur les parcelles de culture et sous jachère forestière. La détermination du pH constitue, à cet égard, un paramètre très significatif pouvant être rapidement évalué sur le terrain. On peut en tirer un zonage très précis en rapport avec l'action inégale du feu sur les brûlis, et dont la connaissance doit permettre de mieux adapter les modalités de l'étude envisagée aux réalités du terrain.

La rapidité de croissance du recrû forestier est remarquable dès l'abandon des cultures (après deux années de culture à Taï). Le développement de la végétation ne se fait cependant pas de façon homogène, et des zones enherbées cotoient les zones de recrû ligneux. Les premières correspondent aux endroits où l'action plus importante du feu a supprimé les possibilités de régénération, par rejet ou plantule, des plantes ligneuses. De ROUW (1991) a pu établir, dans la même région, une relation entre le type de végétation et les valeurs du pH à la partie supérieure du sol. L'action inégale du feu conditionne donc également le développement ultérieur de la jachère, au moins dans ses premiers stades : sur la parcelle T1 1, la zone où un important amoncellement de branchages avait brûlé en 1979 et dont il a été précédemment question (pH > 7) a été rapidement colonisée par *Eupatorium Odoratum*. En 1984, cette zone ne s'était que partiellement refermée et portait quelques spécimens

⁴ On ne peut cependant pas écarter la possibilité d'une carbonatation secondaire à l'intérieur du sol, en présence de quantités importantes de calcium et avec des valeurs élevées de pH.

d'*Eupatorium* dont le grand développement, en fortes lianes (tiges lignifiées, diamètre de l'ordre de 5 cm) partant à l'assaut des frondaisons voisines, était particulièrement impressionnant.

CONCLUSIONS

Des modifications très significatives du sol se produisent dès le défrichement et l'on peut établir, dès ce stade, un classement des paramètres en fonction de l'importance des variations par rapport au témoin.

Le défrichement mécanisé s'avère le plus perturbateur et entraîne les dégradations les plus fortes des caractéristiques physiques et organo-biologiques du sol. A l'opposé, le défrichement traditionnel avec brûlage provoque les modifications défavorables les plus faibles et s'accompagne d'une importante amélioration des bases échangeables et de la réaction du sol, résultant de l'action du feu par la production de cendres.

Le brûlis s'impose dans tous les cas sur sols fortement désaturés. L'enrichissement minéral et l'élévation du pH qu'il procure permet de corriger les caractéristiques les plus défavorables des sols forestiers tropicaux : acidité, teneurs élevées en aluminium et manganèse, pauvreté des nutriments. A Taï, l'action du feu est un préalable indispensable à la réussite des cultures traditionnelles, pour la production de riz (De ROUW, 1991).

La répartition irrégulière de la végétation et l'action inégale du feu constituent un important facteur d'hétérogénéité spatiale. Cette hétérogénéité se manifeste d'abord au niveau du sol, notamment sur les caractéristiques chimiques qui sont fortement influencées par les quantités de cendres produites, très variables d'un endroit à l'autre. Elle se traduit également par le développement irrégulier de la jachère forestière qui succède aux cultures, conduisant à l'existence de plusieurs types de végétation, au moins pendant les premiers stades de la jachère.

S'agissant de recherche, l'hétérogénéité spatiale et la présence éventuelle de carbonates dans le sol peuvent entraîner, sur le plan méthodologique, des inconvénients persistant bien après l'arrêt des cultures. Dans tous les cas, la prise en compte de l'histoire culturale et de l'état des parcelles, à l'abandon des cultures, est un élément important pour l'analyse de l'évolution des sols et de la dynamique des jachères, en rapport avec les conditions d'exploitation des milieux forestiers.

Après deux années de culture, l'abandon des abattis n'est pas dû à l'épuisement du sol, mais plutôt à l'envahissement par les mauvaises herbes (principalement *Paspalum conjugatum*, sur les parcelles T1 et T2, à Taï). Le sol présente au contraire, à ce moment, des caractéristiques de fertilité meilleures qu'à l'état initial sous forêt. Les paramètres de fertilité chimique se maintiennent encore pendant plusieurs années à des valeurs relativement élevées sous le recrû forestier, ainsi que sous des plantations de caféiers et de cacaoyers. Des caractéristiques biologiques affectées par la déforestation, telles que l'activité phosphatasique, retrouvent par contre rapidement des valeurs comparables à celles existant sous forêt, dès la deuxième année de jachère.

A l'abandon de la culture, les conditions existant sur l'abattis favorisent une régénération rapide de la forêt, profitant du patrimoine de richesse minérale accumulée à la partie supérieure du sol et dans la nécromasse végétale encore présente sur le terrain. Avec l'accroissement de la durée des cultures, ce patrimoine tend à s'épuiser plus ou moins rapidement (par exportation et lixiviation des éléments minéraux, érosion...) en fonction des conditions de culture et des caractères du sol concerné. L'importance de la végétation susceptible d'être brûlée diminue chaque année et la richesse du système s'appauvrit, entraînant également une diminution de la productivité. Il paraît préférable de pratiquer des jachères de courte durée, plutôt que d'allonger la durée des périodes de culture (De ROUW, 1991). Même de courte durée, la jachère se développant dans ces conditions peut, en effet, atteindre un développement suffisant pour brûler convenablement et restituer une quantité significative d'éléments minéraux utilisés par la culture ultérieure ; ce qui n'est pas le cas sur les terrains trop épuisés par des cultures successives.

La pratique du brûlage limite les conséquences agronomiques d'une pédogenèse acidifiante qui caractérise la plupart des sols ferrallitiques des régions tropicales humides. L'amélioration de la richesse chimique du sol qui en résulte paraît nécessaire pour le développement des cultures vivrières, à cycle court, dont le système racinaire n'a pas la même morphologie, ni la même efficacité que celui de la forêt. La jachère assure la réorganisation des éléments minéraux disponibles dans le sol (comme le faisait la forêt avant elle) et représente un élément régulateur de la richesse minérale de l'agro-écosystème. Le brûlis et la jachère apparaissent comme deux éléments complémentaires, pour l'expression et la préservation des potentialités agricoles du milieu forestier. Les possibilités d'amélioration des systèmes de culture sur abattis de forêt, à faible niveau d'intrants, sont certainement à rechercher d'abord au niveau de chacun de ces termes⁵.

Outre son action de destruction de la végétation sur l'abattis, facilitant la pénétration et la mise en place des cultures, le feu fournit, sous forme de cendres, des amendements et fertilisants nécessaires à l'amélioration de l'état chimique du sol. Un meilleur contrôle du brûlage, au niveau de la végétation offerte et des conditions de combustion, devrait permettre d'en accroître les effets bénéfiques vis-à-vis de la fertilité du sol et d'en limiter les excès défavorables sur le potentiel de régénération du recrû forestier.

Par son développement plus ou moins important, la jachère forestière détermine le niveau des restitutions minérales sur brûlis ; elle contrôle, dans une certaine mesure, le niveau de productivité du système. On a trop souvent tendance à penser que la jachère représente une période improductive entraînant un manque à gagner, et qu'il faut s'efforcer de réduire ou supprimer. Outre le profit qu'il est certainement possible de tirer de ses propres produits par une gestion appropriée, la jachère forestière apparaît comme un facteur essentiel de valorisation et de conservation du capital représenté par le milieu forestier. Il convient, dans cette optique, de la considérer comme une composante de rotation culture-jachère de plus ou moins longue durée, dont il faut rechercher le meilleur équilibre possible pour chaque situation agro-écologique envisagée.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNHART-REVERSAT F., 1975 - Recherches sur les cycles biogéochimiques des éléments minéraux majeurs en milieu forestier sub-équatorial (Côte-d'Ivoire). Thèse Fac. Sci. Paris Sud, ORSTOM Paris.
- FRITSCH E., 1982 - Evolution des sols sous recrû forestier après mise en culture traditionnelle dans le Sud-Ouest de la Côte-d'Ivoire. ORSTOM, Adiopodoumé, multigr., 74 p.
- MOREAU R., 1983 - Evolution des sols sous différents modes de mise en culture en Côte-d'Ivoire forestière et préforestière. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XX, n°4, 311-325.
- RAMBELLI A., PERSIANI A.N., MAGGI O., LUNGHINI D., ONOFRI S., RIESS S., DOWGIALLO G., PUPPI G., 1983 - Comparative studies on microfungi in tropical ecosystems. Mycological studies in South Western Ivory Coast forest. Chair of Mycology, University of Rome - MAB, UNESCO ; Rapport N°1, 102 p.
- De ROUW A., 1971 - Rice, weeds and shifting cultivation in a tropical rain forest. A study of vegetation dynamics. Thèse Université Wageningen, Paris, A. de Rouw ; 263 p.
- VAN REULER H. & JANSSEN B.H., 1989 - Nutritional constraints in secondary vegetation and replant rice in South-West Ivory Coast. In Mineral nutrients in tropical forest and savana ecosystems. British Ecological Society ; N° spécial 9, 371-382.
- WATTEZ J. & COURTY M.A., 1987 - Morphology of ash of some plant materials. In "Micromorphologie des sols". Acte de la VII^e réunion internationale, Paris, juillet 1985 - AFES. Paris. p. 677-683.

⁵ Les plantations arborées (caféiers, cacaoyers, palmiers...) qui peuvent être installées à la suite de cultures vivrières, sur abattis de forêt, recréent l'ambiance et, dans une certaine mesure, le fonctionnement de la forêt. Elles limitent les conséquences défavorables de la déforestation et représentent une forme d'exploitation relativement mieux adaptée que les cultures annuelles à la mise en valeur agricole des milieux forestiers, pour une production de longue durée.