

Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier)

C. FELLER (1), E. FRITSCH (1), R. POSS (2) et C. VALENTIN (3)

(1) Orstom, c/o CPB-CNRS, BP 5, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France

(2) Orstom, c/o DPVE, CEN-Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance, France

(3) Orstom, 74, route d'Aulnay, 93140 Bondy, France

RÉSUMÉ

On étudie l'effet de la texture sur les stocks et la dynamique sous cultures des matières organiques (MO) d'horizons de surface de sols ferrugineux et ferrallitiques bien drainés (Afrique de l'Ouest surtout, Antilles et Brésil secondairement). On constate que :

– les stocks organiques des sols, cultivés ou non, sont beaucoup plus déterminés par la texture que par le climat, malgré le fort gradient pluviométrique considéré (600 à 3 000 mm). Avec la mise en culture, on assiste, entre 3 et 10 ans, à une diminution de 30 à 40 % du stock organique, diminution d'autant plus rapide que le sol est plus sableux ;

– aussi bien pour les successions « végétation naturelle-culture » (diminution de MO) que « cultures-jachères » (augmentation de MO), les sols sableux s'opposent aux sols argileux quant aux formes de MO concernées par les variations des stocks organiques observées : essentiellement les débris végétaux (fraction 20-2 000 μm) et le complexe organo-limoneux (2-20 μm) pour les sols sableux, essentiellement le complexe organo-argileux (fraction 0-2 μm) pour les sols argileux.

Ces résultats mettent l'accent sur l'importance du compartiment « débris végétaux » dans le fonctionnement biogéochimique des sols sableux à sablo-argileux largement représentés en Afrique de l'Ouest, et de celui des MO associées aux fractions 0-2 μm dans les sols argileux.

MOTS CLÉS : Matière organique – Fractionnement granulométrique – Sols ferrugineux, sols ferrallitiques – Texture – Afrique de l'Ouest

ABSTRACT

EFFECT OF THE TEXTURE ON THE STORAGE AND DYNAMICS OF ORGANIC MATTER IN SOME LOW ACTIVITY CLAY SOILS (WEST AFRICA, PARTICULARLY)

The effect of texture on organic matter (OM) contents and OM dynamics in the surface horizon of low activity clay (LAC) soils was studied under various conditions mainly in West Africa and to a lesser extent, in Caribbean Islands and Brazil. These sites differed broadly in their climates, and especially in rainfall, which varied from 600 to 3 000 mm per year. It was shown that :

– OM contents of cultivated or non cultivated soils were largely dependent on the texture and poorly on the climate.

Under cultivation, the decrease of OM was about 30 to 40 % of the initial level and was more rapid (3 years) in sandy than in clayey sandy soils (10 years).

– OM compartments concerned by these variations both when OM decreased (deforestation-cultivation sequences) or increased (cultivation-fallow sequences) were very different in relation to the soil texture. For sandy soils,

the most important OM variations were due to the plant debris (20-2000 μm) and fine silt (2-20 μm) fractions whereas, in clayey soils, the variations were essentially due to the clay fraction (0-2 μm).

In terms of biogeochemical processes, these results emphasize the importance of the « plant debris compartment » for coarse textured soils (widespread in West Africa) and that of the OM associated with clay fractions for clayey soils.

KEY WORDS : Organic matter – Particle-size fractionation – Low activity clay soils – Texture – West-Africa

INTRODUCTION

Les sols ferrugineux et ferrallitiques sont très largement représentés en Afrique de l'Ouest (BOULET *et al.*, 1971). Compte tenu de leur minéralogie (quartz, kaolinite, oxyhydroxyde de fer et d'aluminium largement dominants) et de leur texture souvent sableuse à sablo-argileuse dans les horizons de surface, le rôle joué par la matière organique (MO) dans les propriétés de ces sols et leur potentiel de productivité est fondamental (cf. synthèses bibliographiques de CHARREAU et NICOU, 1971 ; BOISSEZON, 1973 ; BOYER, 1982 et PIERI, 1989). Par ailleurs, les travaux de JONES (1973) sur les sols de savane de l'Afrique de l'Ouest, et ceux de PERRAUD (1971) et de BOISSEZON (1973) sur les sols ferrallitiques de Côte-d'Ivoire, mettent en évidence que les teneurs en MO des horizons de surface de ces sols sont plus ou moins fortement dépendantes de la texture. Il apparaissait donc intéressant de

préciser les relations entre la texture et la MO des horizons de surface de sols ferrugineux et ferrallitiques, non seulement au niveau des teneurs totales en MO mais aussi au niveau des différents compartiments organiques et organo-minéraux du sol, et ce, dans des situations cultivées ou non.

Les exemples retenus concernent essentiellement des situations d'Afrique de l'Ouest mais, pour des nécessités de comparaison avec des horizons de surface argileux, des échantillons provenant des Petites Antilles et du Brésil sont aussi analysés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les situations

Les caractéristiques générales des principales situations étudiées sont résumées dans le tableau I. Les situations 1, 2, 3 et 4 sont toutes situées en Afrique de

TABLEAU I
Principales caractéristiques des situations étudiées
Main characteristics of the studied sites

Situation N°	Localisation	Végétation climacique(*)	Climat (Valeurs moyennes annuelles)			Références des études concernées
	Pays (Région)		T (°C)	P (mm)	ETP-Penman (mm)	
1	Sénégal (Centre)	Sa	29	600	2 400	Charreau et Nicou (1971)
2	Sénégal (Oriental)	SA	29	800	1 750	Feller et Milleville (1977)
3	Togo (Méridional)	Fc	27	1 040	1 690	Poss <i>et al.</i> (1984)
4	Côte d'Ivoire (Nord-Ouest)	Sa, SA, Fc	28	1 360	1 600	HYPERBAV (1990)
5	Guadeloupe (Basse Terre)	Fd	25	3 000	900	CEE (1988)
6	Martinique (Centre)	Fd	26	1 820	1 630	CEE (1988)
7	Sainte-Lucie (Sud-Ouest)	Fd	25	2 700	nd	CEE (1988)
8	Brésil (Sao-Paulo)	Fd	21	1 200	1 310	Cerri <i>et al.</i> (1990)

(*) Sa = savane arbustive ; SA = savane arborée ; F(c,d) = forêt (claire, dense)

l'Ouest. À titre de comparaison, des sols ferrallitiques argileux des Petites Antilles (5, 6 et 7) et du Brésil (8) ont été pris en considération à divers niveaux de cette étude. Le tableau II présente les principales caractéristiques analytiques des horizons de surface de situa-

Le fractionnement de la matière organique du sol

La MO a été fractionnée selon une méthode granulométrique (FELLER *et al.*, 1991a) mettant en œuvre une dispersion du sol par une résine cationique (« Amberlite IRN 77 ») conditionnée sous forme so-

TABLEAU II
Caractéristiques des principaux sols et échantillons étudiés (situations non cultivées, horizons 0-10 cm)
Characteristics of the main studied samples (non-cultivated sites, 0-10 cm horizons)

Situation	Type de sol (*)	0-2 µm (g.100 g ⁻¹ sol)	C (mg.g ⁻¹ sol)	C/N	CEC (pH 7) (c mole.kg ⁻¹)
1	Ft	3	3	10	2
2	Fl	8	9	15	5
3(**)	Fr	9	12	12	5
4	Fl	12	12	16	8
	Fr	19	17	17	12
5	Fr	61	34	10	13
6	Fr	49	44	13	18
7	Fr	54	30	14	14
8	Fo	50	36	10	10(***)
(*) Ft = ferrugineux tropical peu lessivé ; Fl = ferrugineux tropical lessivé ; Fr = ferrallitique faiblement désaturé ; Fo = ferrallitique fortement désaturé (caractère oxisque)					
(**) Jachère de 6 ans après culture					
(***) CEC effective = bases + Al ³⁺ et H ⁺ échangeables					

tions non ou peu cultivées. Toutes les situations cultivées d'Afrique de l'Ouest étudiées ici concernent des agricultures traditionnelles et/ou à faibles niveaux d'intrants. Toutes les parcelles sont choisies de manière que les phénomènes d'hydromorphie et d'érosion hydrique soient faibles. Aucun sol n'est gravillonnaire dans les horizons de surface.

Les prélèvements de sols

Dans toutes les parcelles, les prélèvements sont effectués à la tarière sur 0-10 et 10-20 cm. Chaque détermination porte sur un échantillon moyen obtenu à partir de 6 à 12 répétitions, selon les situations. Dans ces conditions, les coefficients de variation obtenus par parcelle pour les teneurs en carbone des échantillons tamisés à 2 mm (horizons 0-10 et 10-20 cm) sont compris généralement entre 10 et 20 %.

dique (fig. 1). Après agitation (2 à 16 h) (1) du sol (20 à 40 g) (1) dans l'eau (300 ml) en présence de résine (100 ml), on tamise la suspension à 200, 50 et 20 µm et l'on sépare les limons (2-20 µm) et les argiles (0-2 µm) par sédimentation. Les argiles fines (0-0,2 µm) et grossières (0,2-2,0 µm) sont séparées de la suspension 0-2 µm par centrifugation. Avant le tamisage à 20 µm, la suspension 0-50 µm est traitée aux ultrasons. On obtient ainsi les fractions solides 200-2 000 µm, 50-200 µm, 20-50 µm, 2-20 µm, 0,2-2,0 µm, 0-0,2 µm et une fraction « soluble » W (eaux de fractionnement).

(1) Pour les sols à teneurs en argile inférieures à 20 % on agite 2 h et on utilise 40 g de sol, pour ceux à teneurs supérieures à 40 %, on agite 16 h et on utilise 20 g de sol. Pour les autres sols (20 à 40 % d'argile), la prise est de 20 g et on agite de 2 à 6 h selon la stabilité des agrégats.

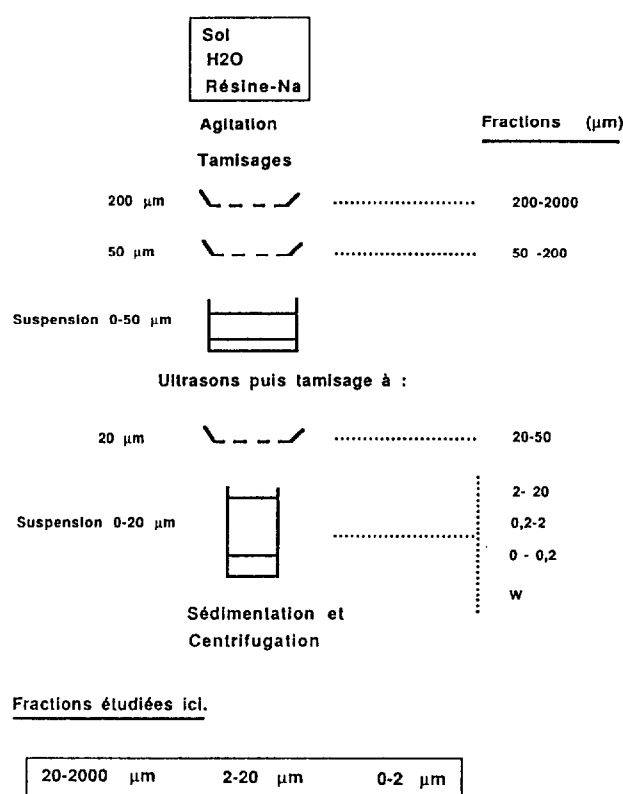


FIG. 1. – Schéma du fractionnement granulométrique de la matière organique du sol

Scheme of the particle-size fractionation of the soil organic matter

Cette méthode présente les avantages suivants :

- la dispersion est excellente jusqu'à 20 µm et satisfaisante jusqu'à 2 µm. Les fractions 2-20 µm peuvent cependant ne pas être totalement dispersées et contenir encore des particules 0-2 µm ;

- il n'est pas nécessaire, pour obtenir ce niveau de dispersion, d'appliquer des ultrasons sur l'échantillon 0-2 mm. Le risque d'altération des débris végétaux au cours du fractionnement est donc limité, ainsi que le risque de transfert de MO des fractions > 50 µm vers les fractions < 20 µm (BALESDENT *et al.*, 1991) ;

- par suite d'un pH de la suspension du sol restant proche de la neutralité, la solubilisation de MO au cours du fractionnement est relativement faible : la fraction W contient moins de 5 % du carbone total du sol.

Pour la simplification de l'exposé des résultats, les différentes fractions ont été regroupées en trois fractions : 20-2 000 µm, 2-20 µm, 0-2 µm. La fraction W est considérée, pour ses teneurs en C et N, comme négligeable.

Toutes les déterminations sont faites à partir des fractions séchées à 50 °C jusqu'à poids constant. Le carbone et l'azote totaux des sols et fractions sont dosés à l'aide d'un « analyseur élémentaire CHN Carlo Erba MO.1106 ».

RÉSULTATS

Analyse des facteurs qui déterminent les teneurs en matière organique des horizons de surface

On distinguera les paramètres écologiques (climatiques et édaphiques) des paramètres agronomiques (systèmes de culture).

Parmi les paramètres climatiques susceptibles d'exercer une influence directe ou indirecte (par le type de végétation) sur le niveau des stocks organiques des sols tropicaux, on retient généralement les moyennes annuelles de température (T), pluviométrie (P) (JENNY *et al.*, 1948 ; LAUDELOUT *et al.*, 1960 ; JONES, 1973) ou leur combinaison (T/P par ex., THENG *et al.*, 1989).

Pour les situations étudiées, la température moyenne est élevée et relativement constante, de 25 à 29 °C, à l'exception de la situation 8 (21 °C). Or, il ressort des travaux de LAUDELOUT *et al.* (1960) que l'effet de la température ne s'exprime nettement sur les niveaux des stocks organiques des sols que pour les tropiques d'altitude lorsque les températures moyennes sont inférieures à 18-20 °C. La température ne serait donc pas un facteur important de différenciation des stocks organiques des sols des différentes situations considérées ici.

Les relations entre pluviométrie et teneur en carbone des horizons 0-10 cm sont présentées sur la figure 2a. On constate que la liaison entre les deux variables est faible ($r^2 = 0,38$, $n = 59$) malgré les très fortes variations pluviométriques considérées. Ainsi, pour la situation 4 (Nord Côte-d'Ivoire, $P = 1\,360$ mm), on retrouve sous une même pluviométrie, et à l'échelle d'un bassin versant de 1,4 km², toute l'étendue des variations de teneurs en carbone observée pour l'ensemble des situations (Afrique de l'Ouest, Antilles et Brésil).

En revanche, il existe une relation étroite (fig. 2b) entre teneurs en carbone et éléments fins (0-20 µm %) ($r^2 = 0,801$, $n = 59$). La corrélation n'est pas notablement améliorée ($r^2 = 0,805$, $n = 59$), si l'on considère la régression multiple entre teneurs en carbone, éléments fins (0-20 µm %) et pluviométrie (P mm). Dans ce dernier cas, on obtient l'équation :

$$C \text{ (mg.g}^{-1} \text{ sol)} = 0,47 \text{ (0-20 } \mu \text{ \%)} + 0,002 \text{ (P mm)} - 1,74$$

Ces résultats vont dans le même sens que ceux trouvés par JONES (1973), mais l'effet de la texture est

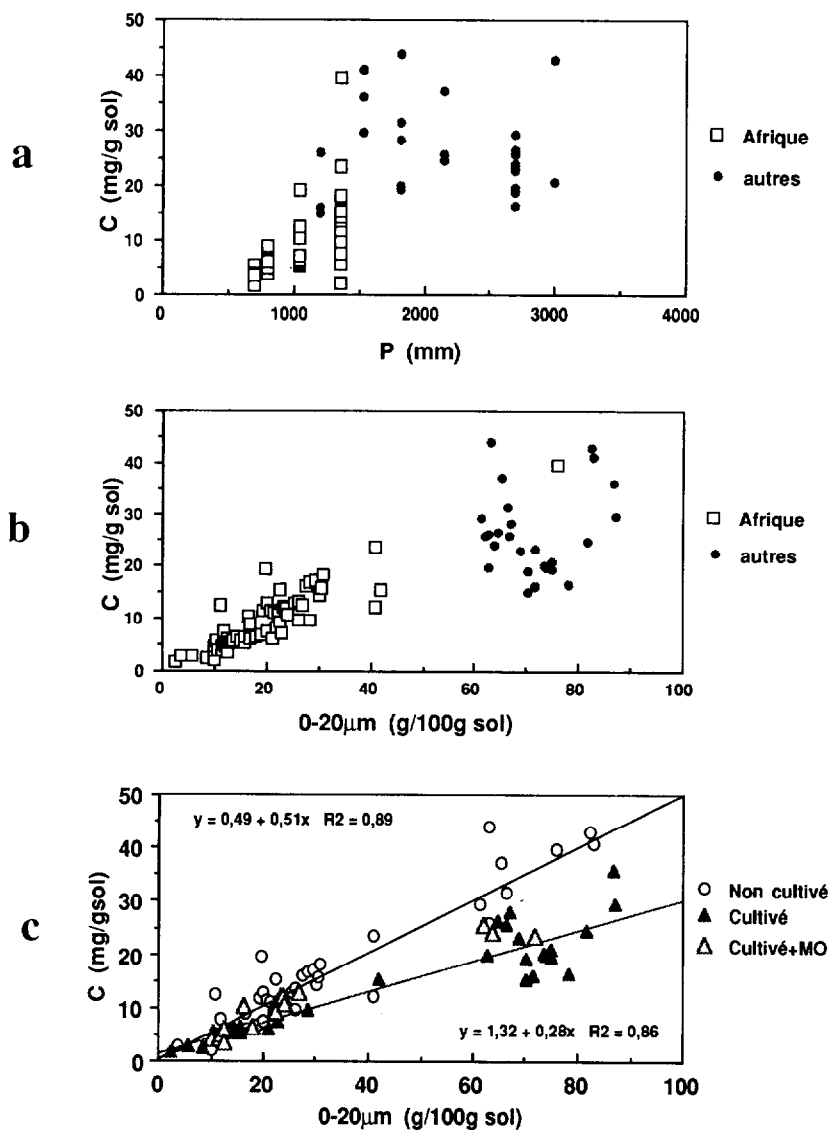


FIG. 2. – Relations entre la teneur en carbone (C), la texture (0-20 µm) et la pluviométrie (P)
Relationships between carbon contents (C), texture (0-20 µm) and rainfall (P)

ici plus accentué que celui signalé par cet auteur. Les deux études ne sont toutefois pas strictement comparables au niveau de l'échantillonnage ou du recueil des données (l'étude de JONES est en grande partie bibliographique).

L'effet de la mise en culture est mis en évidence sur la figure 2c. On distingue les sols « cultivés » (sans jachères d'âge supérieur à 5 ans et sans amendement organique), les sols « cultivés + MO » (avec jachères d'âge compris entre 5 et 10 ans et/ou amendements organiques) et les sols « non cultivés » (forêts, savanes

ou jachères de longues durées supérieures à 10 ans). On constate que :

- les variations des teneurs en carbone selon le mode d'occupation du sol sont d'autant plus importantes que les sols sont plus argileux ;
- en première approximation, et pour les seules situations étudiées, les diminutions des teneurs en carbone avec la mise en culture représentent en moyenne de 30 à 40 % du stock des sols « non cultivés ».

Caractéristiques des différentes fractions organiques et organo-minérales du sol

L'observation à différentes échelles (loupe binoculaire, microscopie optique et électronique) des MO associées aux fractions granulométriques de différents sols ferrugineux (FELLER, 1979) ou ferrallitiques (FRANÇOIS, 1988 ; FELLER *et al.*, 1991b) permet de regrouper sur un plan morphologique, et sous réserve d'une bonne dispersion des éléments fins, les MO du sol en trois fractions granulométriques :

- la fraction 20-2 000 μm comprend principalement des débris végétaux à divers stades de décomposition associés aux sables et limons grossiers minéraux ;
- la fraction 2-20 μm comprend des débris végétaux et fongiques associés aux limons fins minéraux et

à 2 μm ($\text{C/N} > 15$) sont en accord avec le caractère dominant des débris figurés végétaux de ces fractions. Si l'on distingue les situations non cultivées (forêts, savanes, jachères anciennes, fig. 3b) des situations cultivées (fig. 3c), on constate que les rapports C/N des fractions 20-2 000 et 2-20 μm sont plus élevés dans les premières que dans les secondes bien que les différences ne soient pas significatives. Ces différences sont très faibles pour les fractions argileuses.

Pour les mêmes échantillons, les répartitions moyennes du carbone (C) et de l'azote (N) (en % de C et N totaux du sol) sont présentées sur la figure 4. Les débris végétaux (20-2 000 μm) contiennent environ 30 % et 25 % de C et N totaux, les limons fins respectivement 30 % et 25 %, et les argiles 40 % et 50 %. Ainsi, pour l'ensemble des échantillons sableux

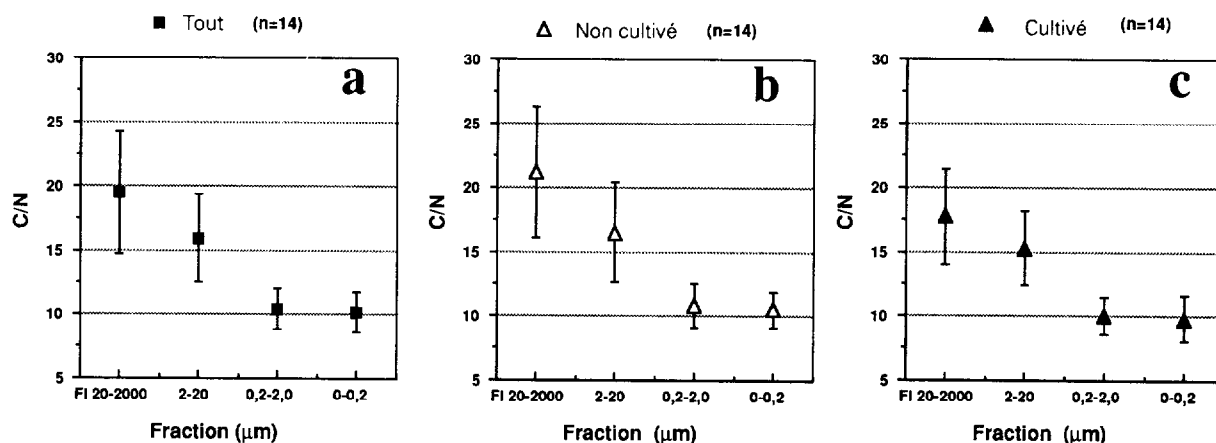


FIG. 3. – Moyennes et écarts-types des rapports C/N des différentes fractions granulométriques (situations d'Afrique de l'Ouest)
Mean values and standard deviations of the C/N ratios of the different particle-size fractions (West Africa sites)

à des agrégats organo-minéraux très stables non dispersés au cours du fractionnement ;

– la fraction 0-2 μm comprend des microagrégats organo-minéraux, à MO, amorphe associés parfois à quelques débris de parois végétales ou fongiques. Présence de bactéries isolées ou en colonies. Globalement, les MO non figurées de type amorphe (FELLER *et al.*, 1991b) dominent dans cette fraction.

Les rapports C/N moyens des fractions obtenues à partir de 28 échantillons différents de sols d'Afrique de l'Ouest sont respectivement environ de 19, 16, 10 et 10 pour les fractions 20-2 000, 2-20, 0,2-2,0 et 0-0,2 μm (fig. 3a). Les rapports C/N moyens ne sont pas significativement différents entre les fractions 20-2 000 et 2-20 μm , mais les différences sont significatives entre les fractions 2-20 et 0-2 μm . Les valeurs élevées des rapports C/N des fractions supérieures

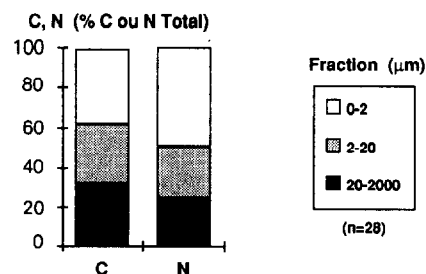


FIG. 4. – Répartition du carbone (C) et de l'azote (N) dans les fractions granulométriques du sol (situations d'Afrique de l'Ouest)
Carbon (C) and nitrogen (N) distributions within the particle-size fractions of the soil (West Africa sites)

à sablo-argileux d'Afrique de l'Ouest, les débris végétaux représentent des quantités de carbone à peu près identiques à celles des MO associées aux argiles.

Teneurs en carbone (mg C.g⁻¹ sol) des différentes fractions granulométriques selon la texture des sols

Les résultats détaillés sont portés dans le tableau III.

La comparaison des trois parcelles sous végétation naturelle (savane SA et forêts F) des situations 2, 4 et 8 (fig. 5a1, b1, c1 ou tabl. III) montre que le contenu

en carbone des différentes fractions varie selon la teneur en argile :

- pour les fractions 20-2 000 µm, les teneurs sont à peu près constantes, quelle que soit la teneur en argile (3 à 5 mg C.g⁻¹ sol) ;
- pour les fractions 2-20 µm, les teneurs augmentent sensiblement avec la teneur en argile (3 à 8 mg C.g⁻¹ sol) ;
- pour les fractions 0-2 µm, les teneurs augmentent très fortement avec la teneur en argile (3 à 17 mg C.g⁻¹ sol).

TABLEAU III

Teneurs en carbone (mg C.g⁻¹ sol) des fractions granulométriques des différents échantillons étudiés

Carbon contents (mg C.g⁻¹ soil) of the particle-size fractions of the studied samples

Fraction (µm)	Situation	Teneurs en carbone (C) des parcelles					Différences (ΔC) entre 2 parcelles	
		SA	C3	C9	C11	C30	(SA-C9)	
20-2000	2(*)	3,44	2,20	1,82	1,83	2,01	1,62	
2-20		3,43	2,03	2,11	1,89	2,08	1,32	
0-2		2,55	1,71	1,75	1,33	1,45	0,80	
				C14	J6		(J6-C14)	
20-2000	3(*)			1,48	4,65		3,17	
2-20				1,80	2,99		1,19	
0-2				2,05	2,46		0,41	
		F	C2	C10	J5	J12	(F-C10)	(J12-C10)
20-2000	4(*)	3,17	2,58	2,07	2,50	3,97	1,10	1,90
2-20		5,65	4,71	2,96	3,66	5,36	2,69	2,40
0-2		7,04	5,00	4,26	4,75	6,42	2,78	2,16
				C10	Pa10		(Pa10-C10)	
20-2000	5(*)			1,54	7,62		6,08	
2-20				6,41	7,65		1,24	
0-2				10,50	22,42		11,92	
		F	C12	C50			(F-C12)	
20-2000	8(*)	4,98	1,38	2,18			3,60	
2-20		7,65	3,14	3,71			4,51	
0-2		18,44	10,20	8,89			8,24	

(*) Les teneurs en argile sont respectivement d'environ 10, 10, 20, 50 et 50 % pour les horizons 0-10 cm des situations n° 2, 3, 4, 5 et 8.

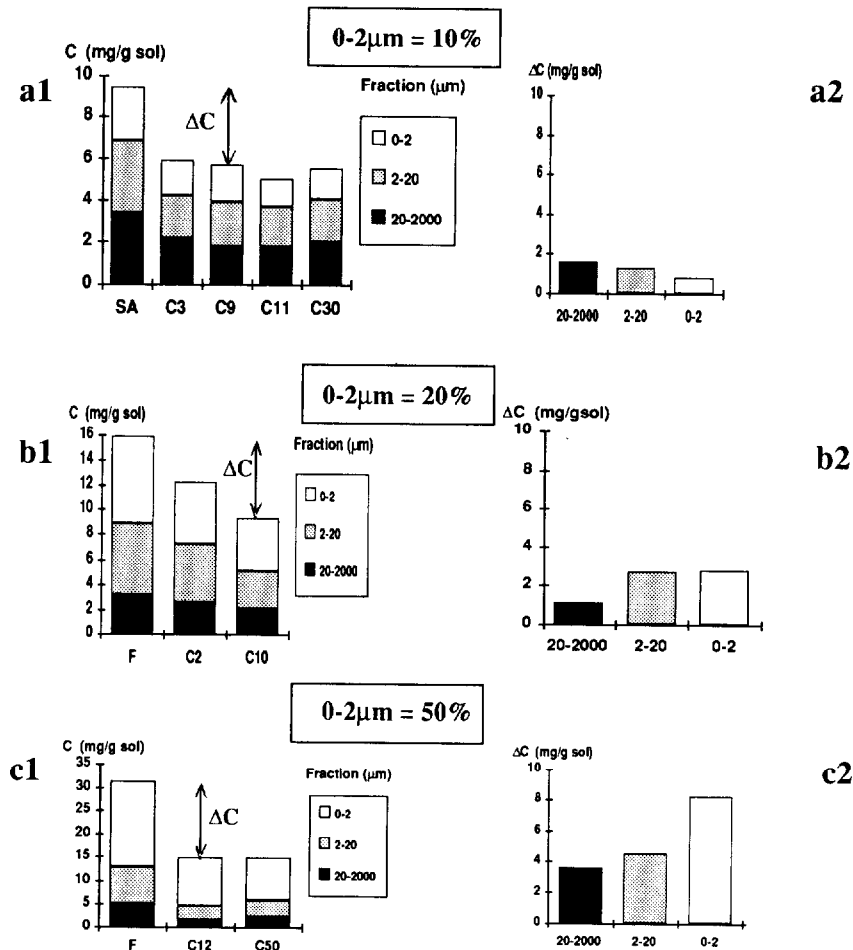


FIG. 5. – Effet de la mise en culture après défrichement sur les teneurs en carbone ($\text{mg C.g}^{-1} \text{ sol}$) des sols et des différentes fractions granulométriques. ΔC ($\text{mg C.g}^{-1} \text{ sol}$) représente les différences entre les situations SA et C9 (fig. 5a1 et a2), F et C10 (fig. 5b1 et b2) et F et C12 (fig. 5c1 et c2). F = forêt, SA = savane arborée, C (3) = culture (3 ans). Les figures 5a, 5b et 5c correspondent respectivement aux situations 2, 4 et 8

Effect of cultivation after clearing on the carbon contents of the soils and different particle-size fractions. ΔC ($\text{mg C.g}^{-1} \text{ soil}$) represents the differences between the respective sites SA and C9 (fig. 5a1 and a2), F and C10 (fig. 5b1 and b2) and F and C12 (fig. 5c1 and c2). F = forest, SA = tree savanna, C(3) = cultivation (3 years). The fig. 5a, 5b and 5c are related to sites 2, 4 and 8

Le sens de ces variations est le même pour les situations cultivées comparables (C9, C10 et C12). Les teneurs élevées en MO des sols argileux sont donc liées à un stockage important des MO dans la fraction $0-2\mu\text{m}$ et secondairement dans la fraction $2-20\mu\text{m}$. Des observations identiques ont été faites par différents auteurs pour des sols des régions froides ou tempérées (TIESEN et STEWART, 1983 ; BALESSENT *et al.*, 1991).

Teneurs en carbone ($\text{mg C.g}^{-1} \text{ sol}$) des différentes fractions granulométriques selon l'utilisation des sols

On considère deux grands types de situations :

- celles où l'on assiste à une diminution des stocks organiques : cas des successions végétation naturelle-culture ;
- celles où l'on tente de régénérer des sols dégradés : cas, par exemple, des successions cultures-jachères.

Succession végétation naturelle-culture

Trois situations sont considérées ici (fig. 5a, b, c) selon la teneur en argile de leur horizon de surface : 10 % (situation n° 2), 20 % (situation n° 4), 50 % (situation n° 8). On a distingué les valeurs absolues des teneurs en carbone (mg C.g⁻¹ sol) de chaque fraction (fig. 5a1, b1, c1) des différences ΔC (mg C.g⁻¹ sol) qui apparaissent (fig. 5a2, b2, c2) entre la situation initiale (savane SA ou forêt F) et une situation cultivée depuis 10 ans environ (C9, C10 et C12). Les variations des teneurs en carbone total (fig. 5a1, b1, c1) avec la mise en culture sont d'autant plus importantes que le sol est plus argileux. On retrouve, bien évidemment, les variations globales déjà commentées de la figure 2. On notera aussi que l'équilibre est atteint en 3 ans dans les sols sableux (fig. 5a1), alors qu'il ne l'est qu'en 10 ans dans le sol sablo-argileux (fig. 5b1).

Concernant les différentes fractions (fig. 5a2, b2, c2) on constate que :

- pour le sol sableux (fig. 5a2), la diminution des stocks de carbone est due essentiellement à celle des débris végétaux (20-2 000 μ m) et secondairement à la fraction limoneuse (2-20 μ m), mais assez peu à la fraction argileuse (0-2 μ m) ;
- pour le sol sablo-argileux, la diminution est due essentiellement aux fractions limoneuse (2-20 μ m) et argileuse (0-2 μ m) ;
- pour le sol argileux, la diminution est due prioritairement à la fraction argileuse, puis secondairement aux débris végétaux du sol (20-2 000 μ m) et à la fraction limoneuse (2-20 μ m).

En d'autres termes, les diminutions des stocks organiques après défrichement et mise en culture sont essentiellement dues aux fractions supérieures à 2 μ m (20-2 000 μ m et 2-20 μ m) dans les sols sableux (fig. 5a2), mais dépendent beaucoup plus de la fraction argileuse dans les sols sablo-argileux (fig. 5b2) et argileux (fig. 5c2).

Succession culture-jachère (ou prairie)

Trois situations sont considérées selon la teneur en argile de l'horizon de surface : 10 % (situation n° 3), 20 % (situation n° 4), 50 % (situation n° 5). La présentation (fig.6) est identique à celle de la figure 6, mais les variations des teneurs en carbone ΔC (fig. 6a2, b2, c2) représentent ici des augmentations et non des diminutions.

On étudie respectivement, pour ces trois situations, les effets de jachères (J) ou de prairies artificielles (Pa) d'assez longues durées (6 ans J6, 12 ans J12 et 10 ans Pa10) sur les stocks organiques de sols en cultures continues depuis de nombreuses années (14 ans C14, 10 ans C10).

Les augmentations, avec la mise en jachère, des teneurs en carbone total (fig. 6a1, b1, c1) sont d'autant plus importantes que le sol est plus argileux.

Concernant les différentes fractions (fig. 6a2, b2, c2), on constate que :

- pour les sols sableux (fig. 6a2), l'augmentation est due essentiellement aux débris végétaux du sol (fraction 20-2 000 μ m) et secondairement à la fraction

2-20 μ m, mais très peu à la fraction argileuse (0-2 μ m) ;

- pour le sol sablo-argileux (fig. 6b2), l'augmentation concerne l'ensemble des fractions ;

- pour le sol argileux sous prairie, l'augmentation est due prioritairement à la fraction argileuse et secondairement aux débris végétaux (20-2 000 μ m), la fraction limoneuse fine (2-20 μ m) intervenant peu (1).

En d'autres termes, les augmentations des stocks organiques après jachères ou prairies de longues durées sont essentiellement dues aux débris végétaux du sol (fraction 20-2 000 μ m) dans les sols sableux (fig. 6a2), mais dépendent beaucoup plus de la fraction argileuse dans les sols sablo-argileux (fig. 6b2) et surtout argileux (fig. 6c2).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les teneurs en MO des horizons de surface des *sols ferrugineux et ferrallitiques bien drainés et sous climats chauds* (Temp. > 20 °C) étudiés ici sont essentiellement dépendantes de la texture du sol pour une gamme de pluviométrie comprise entre 600 et 3 000 mm par an. L'effet du climat (pluviométrie, température, durée de la saison sèche) peut être considéré comme secondaire. Il en résulte que des variations locales (le bassin versant), voire ponctuelles (la parcelle) de la texture auront des effets identiques sur le stock organique des horizons de surface à des variations régionales (à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, par exemple). Cet « effet texture » concerne aussi bien les situations cultivées que non cultivées (savanes, forêts, vieilles jachères). L'effet de la mise en culture provoque en moyenne une diminution de 30 à 40 % du stock organique.

Les méthodes de fractionnement granulométrique de la MO, basées sur une séparation des MO associées aux sables, limons et argiles, apparaissent, *a priori*, particulièrement bien adaptées à l'étude du rôle de la texture du sol dans le stockage et la dynamique des MO. Qui plus est, il ressort clairement des travaux antérieurs, tant en milieu tempéré que tropical (FELLER, 1979 ; TURCHENECK et OADES, 1979 ; ANDERSON, *et al.*, 1981 ; TIESSEN et STEWART, 1983 ; CERRI *et al.*, 1985 ; FELLER *et al.*, 1991b) que les MO associées aux sables sont essentiellement sous forme de débris végétaux, tandis que celles liées aux argiles ont un caractère amorphe beaucoup plus prononcé ; les MO associées aux limons fins se rapprochent, selon le type de sol et la stabilité des associations organo-limono-argileuses, de l'une ou l'autre de ces deux fractions (> 20 μ m et < 2 μ m). De simples fractionnements granulométriques permettent donc de séparer des compartiments organiques du sol très différents. Ces résultats sont retrouvés dans cette étude.

(1) Rappelons que le même type de variations de la MO sous culture prairiale après maraîchage a été observé aussi sur vertisol (FELLER, 1988).

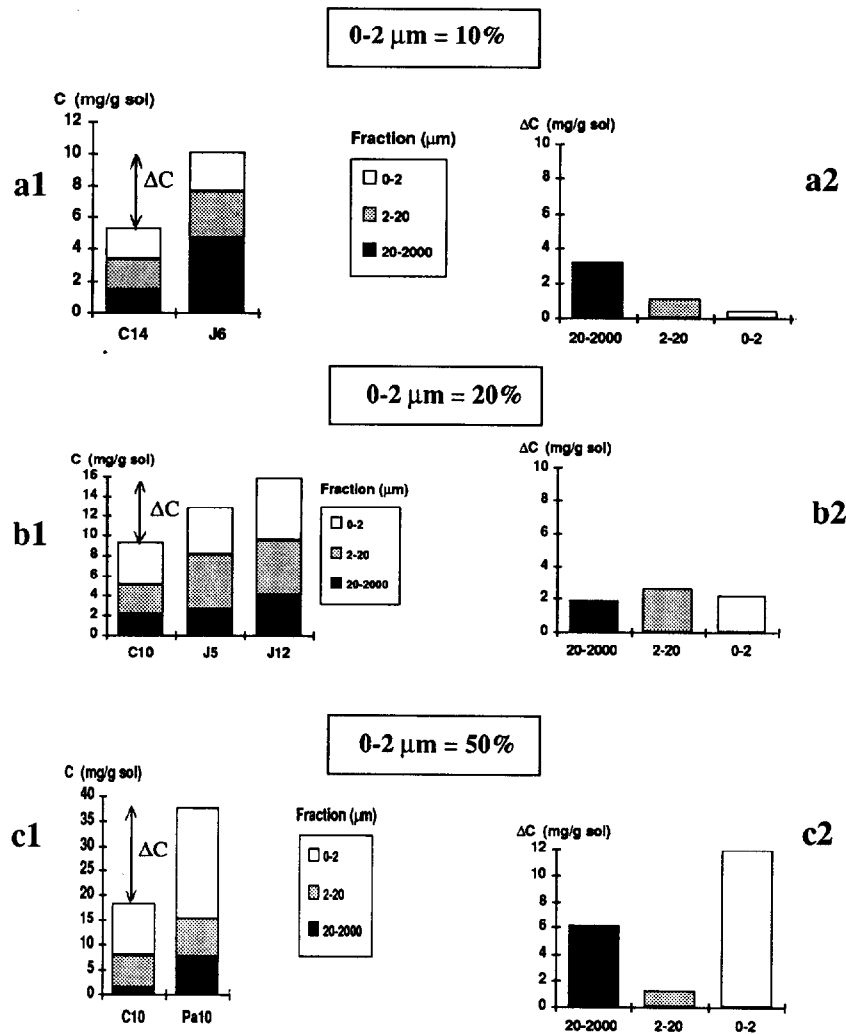


FIG. 6. – Effet de la mise en jachère ou prairie, après cultures continues, sur les teneurs en carbone (mg C.g^{-1} sol) des sols et des différentes fractions granulométriques. ΔC (mg C.g^{-1} sol) représente les différences entre les situations J6 et C14 (fig. 6a1 et a2), J12 et C10 (fig. 6b2 et c2) et Pa10 et C10 (fig. 6b3 et c3). J(6) = jachère (6 ans), Pa (10) = prairie artificielle (10 ans), C (10) = culture (10 ans). Les fig. 6a, 6b et 6c correspondent respectivement aux situations 3, 4 et 5

Effect of fallows or meadow after continuous cultivation on the carbon contents (mg C.g^{-1} soil) of the soils and different particle-size fractions. ΔC (mg C.g^{-1} soil) represents the differences between the respective sites J6 and C14 (fig. 6a1 and a2), J12 et C10 (fig. 6b2 and c2) and Pa10 and C10 (fig. 6b3 and c3). Pa (10) = artificial meadow (10 years), C (10) = cultivation (10 years). The fig. 6a, 6b and 6c are related to sites 3, 4 and 5

Dans les sols sableux, à faibles teneurs en MO, les MO associées aux trois fractions 20-2 000, 2-20 et 0-2 μm sont en quantités à peu près égales. Avec la mise en culture ou en jachère, les variations observées des stocks organiques en 10 ans sont essentiellement dues aux fractions supérieures à 2 μm . À l'opposé, dans les sols argileux, plus riches en MO, 60 à 70 % de la MO sont associés à la fraction argileuse et cette fraction participe de manière prépondérante aux varia-

tions des stocks organiques de ces sols lors de leur mise en culture, en prairies ou en jachères. Les sols sablo-argileux ont un comportement intermédiaire entre ces deux pôles.

Ces variations des stocks organiques selon le mode de gestion des sols et selon la texture s'interprètent assez facilement si l'on considère, à la fois, les quantités de MO stockées dans chaque fraction granulométrique et leur taux de renouvellement. En effet,

grâce à l'utilisation des techniques isotopiques pour la mesure des abondances naturelles en ^{13}C des MO des sols, il est possible, pour certaines situations, de déterminer *in situ* les *turn-over* de la MO totale du sol ou de différentes fractions. Des études menées à ce jour en milieu tropical (CERRI *et al.*, 1985 ; VITORRELO *et al.*, 1989 ; MARTIN *et al.*, 1990) ou tempéré (BALDESTENT *et al.*, 1987 et 1988), sur des sols sableux, limoneux ou argileux, il ressort que les MO associées aux sables (débris végétaux) ont un taux de renouvellement nettement supérieur à celui des MO associées aux argiles et limons. Dans les sols sableux où, à la fois, les teneurs en MO et les taux de renouvellement sont plus élevés pour les fractions supérieures à 50 ou à 20 μm que pour les fractions plus fines, les débris végétaux participent nécessairement de manière prépondérante à la minéralisation de la MO du sol. Dans les sols argileux, le taux de renouvellement des MO associées aux argiles est inférieur à celui de débris végétaux, mais les quantités mises en jeu étant largement supérieures, ce sont ces fractions qui participeront de manière prépondérante à la minéralisation de la MO du sol.

La majorité des horizons de surface des sols ferrugineux et ferrallitiques d'Afrique de l'Ouest ont des textures sableuses à sablo-argileuses ($0-2\ \mu\text{m} \leq 20\%$). Aussi les débris végétaux joueront-ils un rôle capital dans le fonctionnement biogéochimique de ces sols. Une illustration en avait déjà été donnée par BLONDEL (1971) à propos de l'azote minéralisable des sols sableux du Sénégal. Il faut donc favoriser les pratiques agricoles permettant des restitutions importantes et constantes en résidus végétaux au sol. Dans le contexte de croissance démographique actuelle, le recours à des jachères de longue durée n'est plus réalisable. Par ailleurs, les résidus de récolte susceptibles d'être restitués au sol sont très souvent utilisés à des fins énergétiques (combustible), comme matériaux de construction (pisé) ou pour l'alimentation des animaux. Aussi, les efforts de recherche doivent-ils se porter sur d'autres solutions telles que, par exemple, les rotations de cultures à fort enracinement, les jachères de courtes durées ou les systèmes agroforestiers (SCOPE, 1991).

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON (D.W.), SAGGAR (S.), BETTANY (J.R.) et STEWART (J.W.B.), 1981. – Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter. I. The nature and distribution of forms of carbon, nitrogen and sulfur. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45, 767-772.
- BALESDENT (J.), MARIOTTI (A.) et GUILLET (B.), 1987. – Natural ^{13}C abundance as a tracer for studies of soil organic matter dynamics. *Soil Biol. Biochem.*, 19, 25-30.
- BALESDENT (J.), WAGNER (G.H.) et MARIOTTI (A.), 1988. – Soil organic matter turnover in long term field experiments as revealed by carbon ^{13}C natural abundance. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 52, 118-124.
- BALESDENT (J.), PETRAUD (J.P.) et FELLER (C.), 1991. – Effet des ultrasons sur la distribution granulométrique des matières organiques des Sols. *Science du Sol*, 29, 95-106.
- BLONDEL (D.), 1971. – Rôle de la matière organique libre dans la minéralisation en sol sableux ; relation avec l'alimentation azotée du mil. *L'Agron. Trop.*, 26, 1372-1377.
- BOISSEZON (P. de), 1973. – Les matières organiques des sols ferrallitiques. In : « Les sols ferrallitiques », T. IV, p. 9-66. P. de BOISSEZON, C. MOUREAUX, G. BOCQUEL, G. BACHELIER, Eds, IDT 21, Orstom, Paris, 146 p.
- BOULET (R.), FAUCK (R.), KALOGA (B.), LEPRUN (J.C.), RIQUIER (J.) et VIEILLEFON (J.), 1971. – Pédologie (Planche). In : « Atlas International de l'Ouest Africain », OUA Ed.
- BOYER (J.), 1982. – Les sols ferrallitiques, T.X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Orstom, IDT 52, 384 p.
- CEE-Projet, 1988. – Étude de la fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes. Effet des restitutions organiques. Rapport final. *Projet TSDA 0178 F*, coordinateur C. FELLER. Rapp. mult. Orstom-Martini-que, 127 p. + annexes.
- CERRI (C.), FELLER (C.), BALESDENT (J.), VICTORIA (R.) et PLENECASSAGNE (A.), 1985. – Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 300, 423-428.

- CERRI (C.), FELLER (C.) et CHAUVEL (A.), 1990. – Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro após desmatamento e cultivo por 12 e 50 anos com cana de açúcar. *Cah. Orstom, Sér. Pédol.*, 26 (1) 1991 : 37-99.
- CHARREAU (C.) et NICOU (R.), 1971. – L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Chap. IV. Les effets de l'intervention humaine sur le profil cultural et les rendements agricoles : le travail du sol avec ou sans enfouissement de matière végétale. *Agron. Trop.*, 26, 1183-1247.
- FELLER (C.), 1979. – Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols : application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvres en humus. *Cah. Orstom, Sér. Pédol.*, 17, 339-346.
- FELLER (C.), 1988. – Effet de différents systèmes de culture sur les stocks organiques de sols argileux tropicaux des Petites Antilles. *Cah. Orstom, Sér. Pédol.*, 24, 341-343.
- FELLER (C.) et MILLEVILLE (P.), 1977. – Évolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal oriental). 1. Présentation de l'étude. *Cah. Orstom, Sér. Biol.*, 12, 199-211.
- FELLER (C.), BURTIN (G.), GERARD (B.) et BALESDENT (J.), 1991a. – Utilisation des résines sodiques et des ultrasons dans le fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Intérêt et limites. *Science du Sol*, 29, 77-93.
- FELLER (C.), FRANÇOIS (C.), VILLEMIN (G.), PORTAL (J.M.), TOUTAIN (F.) et MOREL (J.L.), 1991b. – Nature des matières organiques associées aux fractions argileuses d'un sol ferrallitique. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 312 (sér. II), 1491-1497.
- FRANÇOIS (C.), 1988. – Devenir à court terme de différentes formes d'azote (urée, végétaux, sol) dans un ferrisol (Martinique). Caractérisation de N-organique par fractionnement granulométrique. Étude avec ^{15}N . *Thèse Doctorat Univ. Nancy I*, 135 p. + annexes.
- HYPERBAV, 1990. – Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin versant de savane humide. Coll. « Études et Thèses », Orstom, 307 p.
- JENNY (H.), BINGHAM (F.) et PADILLA-SARAVIA (B.), 1948. – Nitrogen and organic matter contents of equatorial soils of Colombia, South America. *Soil Sci.*, 66, 173-186.
- JONES (M.J.), 1973. – The organic matter content of the savanna soils of West Africa. *J. Soil Sci.*, 24, 42-53.
- LAUDELOUT (H.), MEYER (J.) et PEETERS (A.), 1960. – Les relations quantitatives entre la teneur en matières organiques du sol et le climat. *Agricultura (Louvain)*. Vol. 8, p. 103-140.
- MARTIN (A.), MARIOTTI (A.), BALESDENT (J.), LAVELLE (P.) et VUATTOUX (R.), 1990. – Estimate of organic matter turnover rate in a savanna soil by ^{13}C natural abundance measurements. *Soil Biol. Biochem.*, 22, 517-523.
- PERRAUD (A.), 1971. – La matière organique des sols forestiers de la Côte-d'Ivoire. *Thèse Doct. Univ. Nancy I*, 87 p. + annexes.
- PIERI (C.), 1989. – Fertilité des terres de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. *Ministère de la Coopération et du Développement et Cirad-Irat*, Paris, 444 p.
- POSS (R.), FORGET (A.) et SARAGONI (H.), 1984. – Quelques propriétés physiques et hydrodynamiques des Terres de Barre : étude des sols de la Station Agronomique de Davié. *IDT, Orstom, Lomé*.
- SCOPE, 1991. – Groupe de travail sur la gestion des résidus de récolte dans les agrosystèmes tropicaux des régions semi-arides. Séminaire « SCOPE Cycles du phosphore », Nairobi, 18-22 avril 1991 (sous presse).
- THENG (K.G.), TATE (K.R.) et SOLLINS (P.), 1989. – Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In : « Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems », Chap. 1, p. 5-32. D.C. Coleman, J.M. Oades et G. Uehara, Eds., Nifital Project, Univ. Hawai.
- TIESSEN (H.) et STEWART (J.W.B.), 1983. – Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter. II. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 47, 509-514.
- TURCHENECK (L.W.) et OADES (J.M.), 1979. – Fractionation of organo-mineral complexes by sedimentation and density techniques. *Geoderma*, 21, 311-343.
- VITORELLO (V.A.), CERRI (C.), ANDREUX (F.), FELLER (C.), et VICTORIA (R.L.), 1989. – Organic matter and natural carbon-13 distribution in forested and cultivated oxisols. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 53, 773-788.