

Effet de divers modes de restitution de pailles de mil sur le niveau et la nature du stock organique dans deux sols sableux tropicaux (Sénégal)

C. FELLER (1), J.L. CHOPART (2) et F. DANCETTE (3)

(1) ORSTOM, s/c CPB-CNRS, B.P. 5, 54501 Vandœuvre-les-Nancy Cédex, France. (2) IRAT/CIRAD 04, B.P. 125, Bouaké 04, Côte d'Ivoire. (3) IRAT, AGRYMET, B.P. 11011, Niamey, Niger.

RÉSUMÉ

A partir d'expérimentations au champ sur sols sableux « Dior » et « Dek », cultivés en mil ou arachide selon divers modes de restitution des pailles (mulch brûlis, enfouissement), il est montré que ce sont essentiellement les traitements « mulch » qui conduisent, comme les traitements « compost » (étudiés par ailleurs, FELLER et al., 1983a), après 2 ou 3 années d'essai, à des augmentations sensibles (25 à 50 %) des stocks organiques des sols (C, N) et des teneurs en phosphore (P) et soufre (S) totaux. Peu de différences sont notées entre les traitements « brûlis » et « enfouissement » des pailles. Les augmentations en C et N observées pour les traitements « mulch » et « compost » ne concernent pas les mêmes fractions du sol : fractions « végétales » de tailles supérieures à 200 µm (C/N de 14 à 30) pour les traitements compost », large dominance de la fraction « organo-minérale » (taille 0-50 µm, C/N de 8 à 10) pour les traitements « mulch ». Ces résultats illustrent l'intérêt d'une caractérisation de la matière organique du sol par fractionnement granulométrique en vue de l'étude de la composition et de la gestion de la matière organique du sol dans les agrosystèmes tropicaux.

MOTS-CLÉS : Matière organique — Fractionnement granulométrique — Sol tropical sableux — Gestion pailles mil — Sénégal.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT FORM OF MILLET STRAW RESTITUTION
ON THE LEVEL AND COMPOSITION OF ORGANIC MATTER IN TWO TROPICAL SANDY SOILS (SENEGAL)

Field experiments with millet and groundnut including straw restitutions have been conducted in two sandy soils (« Dior » and « Dek ») in Senegal. Millet straw restitutions have been applied by mulching (M), burning (B), burying (E) or composting (C). After 2 or 3 years, increasing (25 to 50 %) of soil organic matter (C, N) and total phosphorus (P) and sulphur (S) contents have been observed for C and M treatments but not for B and E treatments. The main soil organic fractions involved in these variations differ for C and M treatments : plant residues of size higher than 200 µm (C/N 14 to 30) for C treatment, « organo-mineral » fraction of size 0-50 µm (C/N 8 to 10) for M treatment. These results illustrate the interest of size fractionation for the study of soil organic matter (composition and management) in tropical agrosystems.

KEY WORDS : Organic matter — Size fractionation — Sandy tropical soils — Millet straw management — Senegal.

INTRODUCTION

Pour les sols sableux à sablo-argileux des zones semi-arides tropicales de l'Afrique de l'Ouest, il a été souvent mis en évidence que les systèmes culturaux intensifs n'impliquant pas des niveaux élevés de restitutions organiques au sol, soit sous forme « racinaire » (jachères, prairies), soit sous forme d'amendements organiques, conduisaient à une diminution de la productivité végétale et/ou à une dégradation des sols (acidification, diminution de la stabilité structurale, etc.). Cette dégradation est souvent liée à une diminution des stocks organiques, comme en témoignent, par exemple, les travaux, pour ces types de sols, de CHARREAU et NICOU (1971), SIBAND (1974), FAUCK *et al.* (1969), FELLER et MILLEVILLE (1977), SEDOGO *et al.* (1979).

Ainsi, au cours des années 70, une série d'essais au champ de moyenne et longue durée ont été mis en place (1) dans la région sahélo-soudanienne afin d'étudier le rôle de la matière organique dans la « fertilité » de ces sols. C'est ainsi qu'au Sénégal, un certain nombre de recherches menées par l'ISRA (2) consistent à tester l'effet de différentes doses et modes d'apport de divers amendements organiques sur la productivité végétale et/ou diverses relations sol-plante (nutrition minérale, enracinement, etc.). L'ORSTOM (3) (Centre de Dakar) s'est associé à ce programme pour la partie traitant de l'évolution des stocks organiques du sol.

Un certain nombre de travaux ont déjà été publiés sur l'effet de la fertilisation « organo-minérale » (compost-urée) sur les caractéristiques des stocks organiques de sols sableux (FELLER *et al.*, 1981 et 1983a), le devenir de ^{15}N -urée (FELLER *et al.*, 1982) et de ^{14}C et ^{15}N -paille (FELLER *et al.*, 1983b) et sur la comparaison de différents amendements organiques composés ou non (FELLER et GANRY, 1982).

Nous poursuivons ici ce travail par l'analyse de la matière organique de sols sableux (Bambey, Sénégal), cultivés en mil ou arachide, et avec divers modes de gestion des pailles de mil : brûlis B, mulch M, enfouissement par labour E.

Les essais analysés ont donné lieu, par ailleurs, à des travaux sur les systèmes racinaires du mil et de l'arachide (CHOPART, 1980 et 1983) ainsi qu'à l'étude de l'effet des techniques de labour et de gestion des pailles sur la dynamique et l'économie de l'eau et sur la productivité de ces deux cultures (CHOPART *et al.*, 1979 ; DANCETTE, 1984).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Le milieu physique

Le climat, de type sahélo-soudanien, comporte une seule saison des pluies de juillet à octobre avec une pluviosité moyenne d'environ 600 mm (1930-1960), plus faible depuis 1970.

Le modelé est celui de vieilles dunes fixées très aplanies.

Les sols sont très sableux (90 à 95 % sables). Pour les expérimentations 1 et 2, il s'agit, selon la terminologie locale d'un sol « Dior », et, pour l'expérimentation 3, d'un sol « Dior » à tendance « Dek » (sol « Dior/Deck »). Les sols « Dek » diffèrent des sols « Dior » par leurs teneurs en éléments fins et en matière organique plus élevées, par des capacités d'échanges plus fortes et par leurs propriétés hydrodynamiques. Ils sont souvent situés en base de pente (ce qui n'est pas le cas ici).

Dans les classifications scientifiques, ces deux types de sols appartiennent, pour la classification française (CPCS, 1967) au groupe des « sols ferrugineux tropicaux peu lessivés », pour la classification américaine (USDA 7th approx.) aux « psammentic ustropept » et pour la classification FAO aux « luvic acrisol ».

Ces sols ne sont pas carbonatés. Leurs caractéristiques analytiques sont présentées au tableau I.

1.2. Les expérimentations

Les essais au champ ont lieu en parcelles expérimentales au Centre National de la Recherche Agronomique (Bambey, Sénégal).

Trois expérimentations installées en 1976 sont analysées ici en 1978.

— *Expérimentation 1.* Rotation mil-arachide-mil sur sol « Dior » avec, pour la gestion des pailles de mil (4 t MS/ha), les traitements « brûlis » B, « mulch » M et « enfouissement par labour » E.

— *Expérimentation 2.* Rotation mil-arachide sur sol « Dior » avec pour la gestion des pailles de mil (4t MS/ha) les traitements « brûlis » B et « enfouissement par labour » E.

Les protocoles expérimentaux sont décrits dans CHOPART (1980) et CHOPART *et al.* (1979). Ce sont des essais en blocs de Fischer, chaque traitement comportant 6 répétitions (parcelles 135 m²). La fertilisation de type $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ est pour l'arachide de 150 kg/ha (for-

(1) Collaborations IRAT (Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières) et les Institutions de Recherches agronomiques Nationales (Sénégal, Burkina Faso).

(2) Institut Sénégalais des Recherches Agricoles.

(3) Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.

TABLEAU I
Caractéristiques analytiques des sols étudiés (avant expérimentation) — Horizons 0-20 cm

Analyse	Sol			
	Dior (expér. 1 et 2)			Dek
	Traitement			D'après CHARREAU et NICOU (1971)
	B	M	E	
A+LF (0-20µm) %	6,5	7,4	7,5	12,0
pH-eau	5,9	6,0	5,9	5,3
-KCl	5,0	5,1	4,5	nd
WpF 2,5 %	4,5	5,5	4,7	nd
4,2 %	2,1	2,1	2,5	2,3
C ‰	2,6	2,5	2,5	2,1
N ‰	0,26	0,26	0,25	0,27
P ₂ O ₅ total ppm	9	7,5	4,5	nd
Truog ppm	2,5	3,2	2,8	2
Complexe d'échange (me/100g)				
- CEC	2,8	3,5	3,3	4,3
- S (somme bases éch.)	2,5	3,2	2,8	2,1

mule 8-18-27), pour le mil de 150 kg/ha (formule 10-21-21) avec apport complémentaire de 100 kg urée/ha en cours de végétation. Le labour est réalisé en traction bovine, après la récolte (labour de fin de cycle) lorsque le sol est encore plus ou moins humide, sur une profondeur de 15 à 20 cm. Ces essais sont installés après une longue période de jachère herbacée naturelle.

— *Expérimentation 3.* Culture continue de mil sur sol « Dior/Dek », avec, pour la gestion des pailles de mil, les traitements « témoin » T (exportation des pailles et labour) et « mulch » (8 t MS/ha). Il y a 2 répétitions par traitement (parcelles 200 m²). Les protocoles expérimentaux sont identiques à ceux décrits pour les cultures de mil des expérimentations 1 et 2.

Le tableau II résume les opérations culturales concernant le calendrier des essais, le travail du sol et la gestion des pailles. Il en ressort que, par comparaison aux traitements brûlis B (exp. 1 et 2) ou témoin T (exp. 3), les résultats des autres traitements permettront de tester :

- pour les mulch M
 - a) un effet cumulatif mulch (exp. 3)
 - b) un arrière-effet mulch (exp. 1)
- pour les enfouissements de pailles E
 - a) un effet annuel enfouissement (exp. 2)

b) un arrière-effet enfouissement (exp. 1)

La présentation des résultats sera en partie basée sur ce plan.

1.3. Les prélèvements de sol

Les prélèvements (1) sont respectivement de 150 et 34 kg de sol pour les parcelles Mil et Arachide. Ils sont effectués soit par prélèvements des horizons 0-10 et 10-20, par couches entières de 10 cm (CHOPART, 1980, Etude des systèmes racinaires), à la récolte pour les expérimentations 1 et 2, soit à la bêche, échantillon composite de l'horizon 0-10 en saison sèche (mars), pour l'expérimentation 3.

Immédiatement après prélèvement, la totalité du sol est tamisée à sec à 2 mm pour extraire les débris végétaux de tailles supérieures à 2 mm (fraction Fo > 2000). Une aliquote (environ 4 kg) du sol tamisé à 2 mm est conservée pour analyses et fractionnements ultérieurs de la matière organique en laboratoire.

1.4. Le fractionnement granulométrique de la matière organique du sol

La matière organique est caractérisée à partir d'un fractionnement granulométrique du sol selon le schéma de la figure 1. Cette méthode est décrite par ailleurs (FELLER, 1979 et FELLER *et al.*, 1983a). Nous en

(1) Une analyse statistique concernant la variabilité des teneurs en carbone pour ce type de prélèvement a été donnée dans FELLER *et al.* (1981).

TABLEAU II
Principales opérations culturales des expérimentations
entre le début de l'essai et l'année de l'étude

Expérimentation	Année	Traite- ment	Culture	Travail du sol (*)	Gestion pailles de mil (**)
1	1976	B	mil	0	brûlis
	1977		arachide	0	exportation
	1978		mil	0	brûlis (**)
	1976	M	mil	0	mulch
	1977		arachide	dent	exportation
	1978		mil	dent	mulch (**)
	1976	E	mil	0	enfouissement
	1977		arachide	labour	exportation
	1978		mil	labour	enfouissement (**)
2	1976	B	(jachère)	-	-
	1977		mil	0	brûlis
	1978		arachide	0	exportation
	1976	E	(jachère)	-	-
	1977		mil	0	enfouissement
	1978		arachide	labour	enfouissement (**)
3	1976	T	mil	labour	exportation
	1977		mil	labour	exportation
	1978		mil	labour	exportation
	1976	M	mil	0	mulch
	1977		mil	0	mulch
	1978		mil	0	mulch (**)

(*) Travail du sol avant semis, et gestion des pailles après récolte.

(**) Les sols étudiés dans ce travail ont été prélevés à la récolte avant brûlis, enfouissement par labour ou mulch

rappelons ici le principe général et les légères modifications apportées pour cette étude.

Dans tout ce qui suit, Fm signifie fraction minérale, Fo fraction organique et F fraction organique et minérale (Fo + Fm), ou fraction organo-minérale pour la classe granulométrique la plus fine < 50 µm.

Le refus à 2 mm de la totalité du prélèvement de sol est constitué de graviers (Fm > 2000) et de débris végétaux (Fo > 2000) de tailles supérieures à 2000 µm. Le tri entre ces deux fractions est fait manuellement. Les graviers sont jetés.

Six prises de 100 g du sol 0-2 mm (6 × 100 g) sont agitées pendant 1 heure (50 t/min.) dans 6 × 350 ml H₂O en présence de 6 × 3 billes de verre (Ø = 1 cm) puis tamisées sous eau à 200 et 50 µm. Après lavage, on récupère sur les tamis les fractions F 200-2000 et F 50-200. Ces fractions sont constituées de sables grossiers (Fm 200-2000) et fins (Fm 50-200) associés à des débris végétaux grossiers (Fo 200-2000) et fins (Fo 50-200). Elles ne contiennent pratiquement plus d'agré-

gats de sol. Une séparation des fractions Fo et Fm est effectuée manuellement par agitation-décantation et entraînement à l'eau des fractions organiques Fo plus légères. Cette séparation, Fo/Fm, bien qu'incomplète, présente l'intérêt pour les sols très sableux et très pauvres en matière organique de concentrer celle-ci dans les fractions Fo. Les eaux de lavage sont jointes à la suspension passant à 50 µ, puis centrifugées (1), permettant l'obtention d'une fraction dite « hydrosoluble » W (eaux fractionnement et lavage) et d'une fraction dite « organo-minérale » Fo-50 (culot) de taille 0-50 mµ. Dans des publications antérieures, déjà citées, cette fraction a été aussi appelée FOM. La fraction hydrosoluble W, très pauvre ici en C et N, n'est pas conservée mais elle peut être intéressante pour d'autres sujets d'étude (ex. cycle N-engrais).

On peut résumer ainsi les fractions obtenues :

Fo > 2000 : débris végétaux très grossiers souvent peu décomposés.

(1) Si les conditions de l'étude le permettent, la récupération de Fo-50 par centrifugation est améliorée par l'addition de KCl à la suspension.

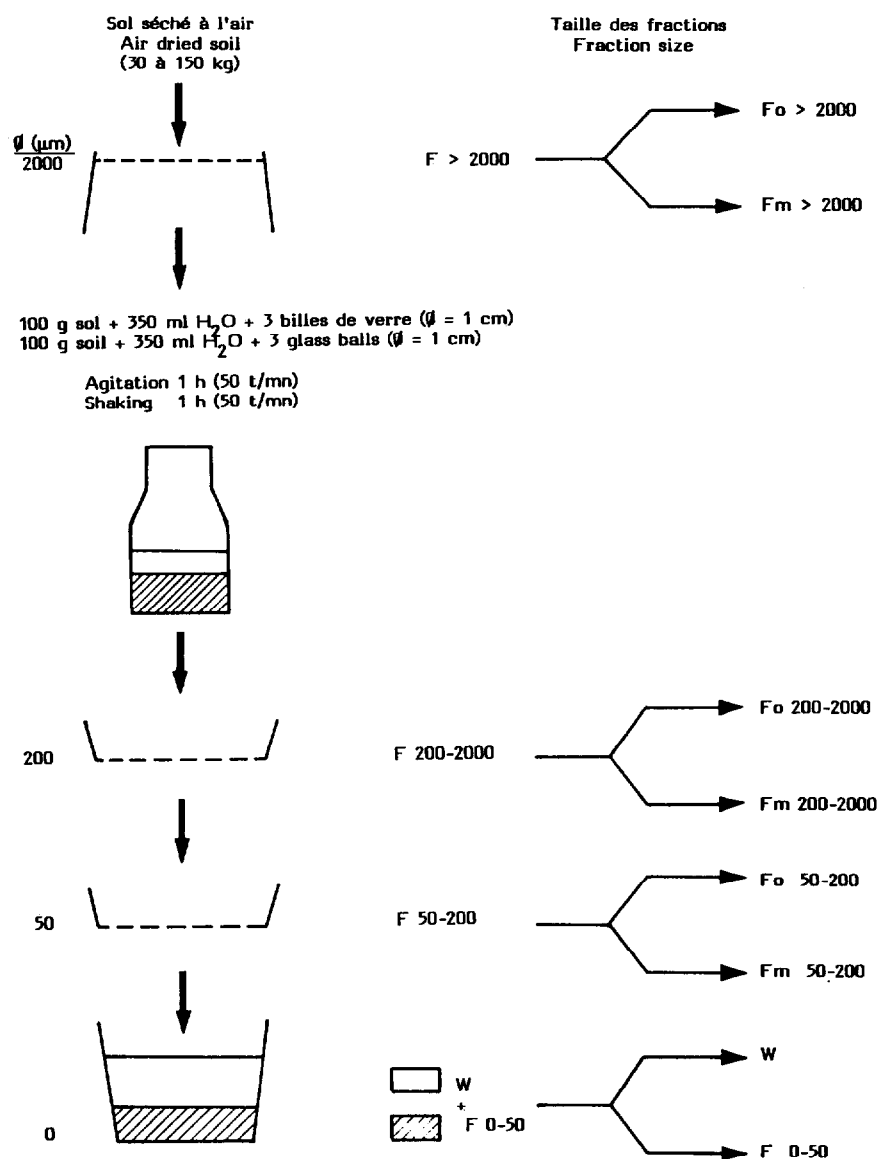


FIG. 1. — Schéma de fractionnement granulométrique de la matière organique du sol.

Fo 200-2000 : débris végétaux grossiers, certains déjà préhumifiés.

Fm 200-2000 : sables siliceux grossiers contenant encore quelques débris végétaux très humifiés à aspect charbonneux.

Fo 50-200 : débris végétaux fins, déjà très décomposés, souvent peu reconnaissables, avec proportion importante de débris charbonneux et parfois des boulettes fécales.

Fm 50-200 : sables siliceux fins contenant quelques débris végétaux fortement humifiés ou débris charbonneux.

Fo-50 : fraction organo-minérale à matière organique non reconnaissable associée (liée ?) aux argiles et limons.

W : fraction hydrosoluble.

Toutes les fractions sont séchées à 60 °C jusqu'à poids constant, pesées et broyées avant analyse.

Pour les expérimentations 1 et 2, les fractions sont dosées en C, N, S et P totaux. Pour l'expérimentation 3, seul C a été dosé.

Carbone C et soufre S sont dosés par voie sèche à l'aide respectivement d'un Carmograph et Sulmograph Wosthoff. Après minéralisation Kjeldahl, l'azote N est

dosé par colorimétrie selon BERTHELOT. Le phosphore P est dosé en colorimétrie 625 m μ (réactif sulfomolybdique en présence d'acide ascorbique en excès) après attaque du sol (eb. 5h) par HNO₃ concentré.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Bilans pondéraux du fractionnement

Les bilans pondéraux de la somme des fractions en % du sol total apparaissent dans le tableau VI. Ils sont compris entre 99 et 101 %.

Les variations pondérales observées pour chaque fraction sont les suivantes ;

- de 0,004 à 0,056 % pour Fo > 2000, très peu représentée,
- de 22,6 à 28,2 % pour F 200-2000,
- de 62,8 à 68,9 % pour F 50-200,
- de 6,7 à 10,4 % pour F 0-50,

ce qui montre la grande homogénéité granulométrique des échantillons fractionnés. On ne note pas de variations systématiques de la granulométrie des matériaux avec la profondeur (comparaison 0-10, 10-20).

2.2. Caractéristiques des fractions (C, N, S, P)

Les caractères morphologiques ont été brièvement décrits en 2.4, les résultats analytiques apparaissent dans les tableaux 3a et b. Les teneurs sont exprimées ici en mg.g⁻¹ fraction.

2.2.1. FRACTIONS « ORGANIQUES » Fo

(DE TAILLES SUPÉRIEURES À 50 μ m)

Les résidus végétaux très grossiers Fo > 2000 ont des teneurs en carbone élevées, d'environ 400 ‰ et des rapports C/N, C/S et C/P respectivement égaux à 24, 600 et 250. L'analyse d'un échantillon de paille de mil non décomposée a donné des valeurs respectives de 44, 765 et 560 pour ces mêmes rapports.

Les résidus végétaux grossiers Fo 200-2000 ont des teneurs en carbone plus faibles, de 130 à 230 ‰, indiquant un degré de décomposition plus marqué que Fo > 2000. Les rapports C/N, C/S et C/P varient respectivement de 11 à 19, de 60 à 360 et de 174 à 345. On n'observe pas de variations systématiques avec la profondeur.

Un effet « enfouissement » se manifeste avec des rapports C/S systématiquement plus élevés pour E que pour B. Cet effet est probablement dû aux faibles teneurs en soufre des pailles de mil enfouies.

Les résidus végétaux fins Fo 50-200 sont, à l'observation, généralement plus humifiés que les fractions Fo 200-2000 et sont contaminés par des sables fins, ce qui explique leur teneur beaucoup plus faible en carbone (de 6 à 23 ‰). Leurs rapports C/N et C/S restent toutefois proches de ceux des fractions Fo 200-2000, variant respectivement de 12 à 18 et de 60 à 300, mais leur rapport C/P est nettement plus faible avec des variations de 60 à 130. On ne note pas de variations systématiques avec la profondeur de ces caractéristiques et on retrouve l'effet « enfouissement » déjà observé pour le rapport C/S des fractions Fo 200-2000.

2.2.2. FRACTIONS MINÉRALES Fm

(DE TAILLES SUPÉRIEURES À 50 μ m).

Pour les deux fractions, Fm 200-2000 et Fm 50-200, les teneurs en carbone sont très faibles (de 0,1 à 0,4 ‰) parfois à la limite de précision des dosages, mais généralement acceptables. Les teneurs extrêmement faibles en N, S et P (de 0 à 0,06 ‰) sont entachées d'une grande incertitude. Les rapports C/N, C/S et C/P sont présentés ici pour mémoire. Ils apparaissent anormalement bas par suite d'une surestimation systématique des teneurs en N, S et P. Il est néanmoins certain que la matière organique (débris charbonneux) associée à ces fractions présente des rapports C/N, C/S et C/P plus faibles que ceux des fractions Fo correspondantes, comme en témoignent les résultats de TURCHENEK et OADES (1979) pour d'autres types de sol. Toutefois, pour ces sols sableux, ces fractions Fm représentant 90 % du poids du sol total, participent, malgré leurs teneurs faibles, de façon non négligeable aux stocks C, N, S et P du sol (1) et doivent donc être prises en compte.

2.2.3. LA FRACTION ORGANO-MINÉRALE Fo-50

(DE TAILLE 0-50 μ m)

Les teneurs en carbone de cette fraction varient de 10 à 18 ‰ mais chacun des rapports C/N, C/S et C/P est relativement constant, variant respectivement de 9 à 11, de 70 à 100 (exp. 1), de 80 à 160 (exp. 2), et de 30 à 45. On n'observe pas de variations systématiques avec la profondeur. Un effet « mulch » apparaît avec des teneurs plus élevées que sur le brûlis en C et N pour ces traitements dans les expérimentations 1 et 3.

En conclusion, il ressort de cet ensemble d'observations que le « passage » de résidus végétaux frais (paille de mil) aux fractions végétales du sol peu (Fo > 2000) ou fortement (Fo 200-2000 et Fo 50-200) décomposées, puis aux fractions organo-minérales Fo-50, s'accom-

(1) Sur un plan méthodologique, pour ces sols très sableux, il aurait été préférable d'estimer des teneurs moyennes en C, N, S et P pour ces fractions à partir de prises d'essai très importantes et d'affecter ces valeurs moyennes, par fraction, à l'ensemble des échantillons.

pagne d'une forte diminution des rapports C/N, C/S et C/P de ces fractions (tableau IV).

Les rapports C/N observés pour ces différentes fractions sont en accord avec celles publiées par ailleurs pour les mêmes sols (BERNHARD-REVERSAT, 1981 ; FELLER *et al.*, (1983a) ou d'autres types de sols à bonne activité biologique. Citons par exemple ALBRECHT *et al.* (1986) et FELLER *et al.* (1986) pour des vertisols et sols ferrallitiques argileux des Antilles, CERRI *et al.*, (1985) pour

des oxisols du Brésil, OADES et TURCHENEK (1978) et TURCHENEK et OADES (1979) pour des sols brun-rouge, rendzine et chernozem d'Australie, ANDERSON *et al.* (1981), ANDREUX *et al.* (1980), TIESSEN et STEWART (1983) pour des chernozems, CHRISTENSEN (1985) et CHRISTENSEN et SORESENSEN (1985) pour divers sols cultivés du Danemark.

Les données bibliographiques pour les rapports C/S et C/P sont moins nombreuses mais indiquent que des

TABLEAU IIIa
Caractéristiques analytiques des fractions granulométriques du sol
Expérimentation 1

Fraction	Horizon	Traite- ment	Poids	C	N	S	P	C/N	C/S	C/P
			g.100g ⁻¹ sol	mg.g ⁻¹ fract.						
Fo > 2000 (*)	0-10	B	0,007	367	15,2	0,62	1,48	24	594	248
		M	0,070	388	16,2	0,65	1,56	-	-	-
		E	0,014	300	12,5	0,51	1,21	-	-	-
	10-20	B	0,006	392	16,3	0,66	1,58	-	-	-
		M	0,028	452	18,8	0,76	1,82	-	-	-
		E	0,012	395	16,4	0,66	1,59	-	-	-
	0-10	B	0,133	184	13,4	2,70	0,64	14	68	288
		M	0,050	232	13,8	0,90	1,01	17	258	230
		E	0,050	176	14,5	0,90	1,01	12	196	174
Fo 200-2000	10-20	B	0,050	216	11,3	3,00	1,08	19	72	200
		M	0,030	188	12,6	3,00	0,53	15	63	345
		E	0,080	154	12,4	1,20	0,79	12	128	194
	0-10	B	26,8	0,12	0,02	0,05	0,04	6	2	3
		M	22,5	0,16	0,02	0,03	0,07	8	5	3
		E	25,5	0,08	0,04	0,03	0,04	2	3	2
	10-20	B	26,5	0,12	0,02	0,04	0,02	6	3	6
		M	23,3	0,10	0,02	0,03	0,02	5	3	5
		E	24,2	0,08	0,02	0,04	0,04	4	2	2
Fo 50-200	0-10	B	4,38	8,4	0,46	0,10	0,11	18	84	77
		M	2,42	16,5	1,38	0,12	0,29	12	138	58
		E	1,41	22,6	1,60	0,12	0,22	14	188	103
	10-20	B	1,65	7,8	0,56	0,07	0,05	14	111	166
		M	2,13	11,0	0,70	0,08	0,11	15	138	96
		E	1,15	22,4	1,58	0,12	0,33	14	187	68
	0-10	B	59,2	0,32	0,06	0,05	0,03	5	6	11
		M	63,2	0,40	0,05	0,04	0,05	8	10	8
		E	65,0	0,28	0,06	0,03	0,02	5	9	14
Fm 50-200	10-20	B	61,2	0,24	0,04	0,03	0,01	6	8	24
		M	63,0	0,40	0,06	0,03	0,02	7	13	20
		E	66,8	0,32	0,04	0,04	0,03	8	8	11
F 0-50	0-10	B	9,0	13,2	1,46	0,14	0,45	9	94	29
		M	10,9	18,1	1,88	0,26	0,57	10	70	32
		E	7,4	13,9	1,50	0,16	0,46	9	87	30
	10-20	B	10,1	10,3	1,18	0,12	0,27	9	86	38
		M	10,5	14,3	1,44	0,14	0,47	10	102	30
		E	7,0	14,2	1,54	0,16	0,50	9	89	28

(*) Pour cette fraction, C est dosé sur chaque échantillon, N, S et P uniquement sur B (0-10). Les valeurs N, S et P des autres échantillons (E et M) sont déduites de C (dosé) et des rapports C/N, C/S et C/P de l'échantillon B (0-10 cm).

TABLEAU IIIb
Caractéristiques analytiques des fractions granulométriques du sol.
Expérimentation 2.

Fraction	Horizon	Traite- ment	Poids	C N S P				C/N	C/S	C/P
			g. 100g ⁻¹ sol	mg.g ⁻¹ fract.						
Fo > 2000 (*)	0-10	B	0,041	379	15,8			24		
		E	0,056	324	13,5			-		
	10-20	B	0,004	417	17,4			-		
		E	0,012	323	13,5			-		
Fo 200-2000	0-10	B	0,050	134	12,9	1,10	0,59	11	122	226
		E	0,200	142	12,2	0,40	0,51	12	355	278
	10-20	B	0,033	168	15,1	2,50	0,84	11	67	200
		E	0,080	167	12,5	0,60	0,84	13	278	199
Fm 200-2000	0-10	B	27,2	0,20	0,02	0,04	0,03	10	5	8
		E	23,7	0,20	0,02	0,00	0,04	10	-	5
	10-20	B	27,3	0,12	0,02	0,03	0,03	6	4	5
		E	28,1	0,12	0,02	0,01	0,03	6	12	5
Fo 50-200	0-10	B	2,58	10,3	0,76	0,17	0,11	14	60	90
		E	2,88	19,2	1,48	0,07	0,20	13	274	94
	10-20	B	2,50	5,8	0,34	0,05	0,05	17	116	109
		E	1,72	6,6	0,38	0,02	0,05	17	329	129
Fm 50-200	0-10	B	62,5	0,36	0,06	0,04	0,02	6	9	16
		E	66,0	0,40	0,06	0,00	0,03	7	-	13
	10-20	B	62,0	0,16	0,04	0,04	0,02	4	4	9
		E	63,5	0,24	0,06	0,00	0,02	4	-	12
F 0-50	0-10	B	7,35	14,6	1,36	0,18	0,44	11	81	33
		E	6,67	17,8	1,92	0,10	0,41	9	178	44
	10-20	B	7,50	14,6	1,36	0,18	0,49	11	81	30
		E	8,00	12,2	1,14	0,08	0,39	11	180	31

(*) Pour cette fraction, C est dosé sur chaque échantillon, N uniquement sur B (0-10), S et P ne sont pas dosés. Les valeurs de N des autres échantillons E et M sont déduites de C (dosé) et du rapport C/N de l'échantillon B (0-10).

TABLEAU IV
Valeurs moyennes (x) et écarts-types (s) des rapports C/N, C/S et C/P des fractions granulométriques
Expérimentations 1 et 3, horizons 0-10 et 10-20 et traitements B, M et E confondus : n = 10

Fraction	C/N		C/S		C/P	
	x	s	x	s	x	s
Paille de mil	44	nd	765	nd	560	nd
Fo 2000	24	nd	600	nd	250	nd
Fo 200-2000	13,6	2,7	161	105	233	54
Fm 200-2000	6,3	2,5	4,3	3,1	4,4	1,9
Fo 50-200	14,8	1,9	163	84	99	31
Fm 50-200	6,0	1,5	8,4	2,7	13,6	5,2
F 0-50	9,8	0,9	105	40	33	5,0

nd = non déterminé

variations de ces rapports avec la taille des fractions vont dans le même sens que celles des rapports C/N. Selon TIESSEN et STEWART (1983) le rapport C/P (1) varie de 90 pour la fraction $F > 50 \mu\text{m}$ à environ 40 pour $F < 50 \mu\text{m}$. Selon ANDERSON *et al.* (1981) le rapport C/S varie de 65 à 125 pour $F > 2 \mu\text{m}$, et de 30 à 60 pour $F < 2 \mu\text{m}$.

2.3. Répartitions relatives et absolues de C, N, S et P dans les différentes fractions granulométriques du sol

2.3.1. RÉPARTITIONS RELATIVES (% ÉLÉMENTS TOTAL)

Pour chaque élément, les valeurs relatives sont exprimées en % de la somme des fractions.

Le tableau V donne, pour les expérimentations 1 et 2, tous traitements et horizons confondus ($n = 10$), les valeurs moyennes et écarts-types relatifs de chaque élément pour chaque fraction.

On constate, en première approximation, que les répartitions de C et N sont proches pour chacune des fractions, 63 % de ces éléments sont retrouvés dans la fraction « organo-minérale » (F 0-50), 16 à 25 % dans

les fractions « végétales » ($F_o > 50 \mu\text{m}$) et 12 à 19 % dans les fractions « minérales » ($F_m > 50 \mu\text{m}$). Ces répartitions diffèrent sensiblement pour S et P avec respectivement 26,7 et 65 % pour S et 53,6 et 30 % pour P. Toutefois, les variations de S et P sont délicates à interpréter par suite de l'imprécision des dosages sur les fractions fines (cf. 2.2.2.).

Les teneurs relativement faibles, d'environ 60 %, pour C et N de la fraction F 0-50, peuvent s'expliquer par le fait que les sols sableux ont une teneur pondérale faible en fraction organo-minérale. Pour des sols à textures plus fines, les travaux (déjà cités) de la littérature fournissent des valeurs comprises entre 80 et 95 % de C et N totaux.

2.3.2. RÉPARTITIONS ABSOLUES

Les teneurs sont exprimées en mg.g^{-1} sol pour C et en $\mu\text{g.g}^{-1}$ sol pour N, S et P (tableaux VIa, VIb, VII).

Les fractions F_o et F_m correspondantes ont été regroupées en F 200-2000 et F 50-200 mais, compte tenu des observations en 2.2.2., il faut interpréter avec prudence les teneurs (mg.g^{-1} sol) en S et P de ces fractions.

TABLEAU V
Valeurs moyennes ($\bar{x}$) et écarts-types (s) des teneurs relatives
(% élément total) en C, N, S et P des différentes fractions
Expérimentations 1 et 2, horizons 0-10 et 10-20 et traitements B, M et E confondus : $n = 10$

Fraction	C		N		S		P	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
$F_o > 2000$	4,3	3,1	2,1	1,7	0,2	0,3	0,3	0,3
F_o 200-2000	5,1	3,6	3,5	2,4	3,4	3,2	4,0	5,3
F_m 200-2000	2,0	1,9	2,9	2,1	15,1	8,9	9,8	5,3
F 200-2000	7,9	4,2	7,8	2,6	20,9	5,3	12,0	5,9
F_o 50-200	13,9	4,7	9,3	3,5	5,7	5,4	4,8	2,5
F_m 50-200	9,2	3,6	15,4	5,4	46,0	4,9	24,4	4,8
F 50-200	24,1	5,2	27,0	4,6	50,4	4,5	28,9	7,3
F 0-50	63,1	7,8	63,1	6,8	26,0	10,4	52,9	17,4
$F_o > 50\mu\text{m} (*)$	24,9	7,3	16,0	5,8	7,1	2,8	6,1	2,8
$F_m > 50\mu\text{m} (*)$	11,9	1,7	18,6	5,7	64,5	7,1	36,2	6,2

(*) $F_o > 50\mu\text{m} = F_o$ 50-200 + F_o 200-2000 + F_o 2000
 $F_m > 50\mu\text{m} = F_m$ 50-200 + F_m 200-2000

1. Les rapports C/P organique varient, eux de 200 à 40.

2.3.2.1. Répartitions de C et N

Pour l'ensemble des expérimentations, le sens des variations des teneurs en azote est identique à celui des teneurs en carbone. Aussi, seules les variations en mgC.g⁻¹ sol (total et fractions) seront commentées ici (fig. 2 et 3, tableaux VIa, VIb et VII).

a) Horizon 0-10 cm (fig. 2)

Effet « mulch ». Les teneurs en C total les plus élevées sont observées, pour les deux types de sol, pour le traitement mulch. Ainsi, les comparaisons de M à B (exp. 1), de M à T (exp. 3), font apparaître des différences d'environ 1 mgC.g⁻¹ sol, ce qui correspond res-

pectivement à 50 et 25 % du carbone total des échantillons. Ces différences sont dues essentiellement aux augmentations des fractions organo-minérales F 0-50 et, secondairement, aux fractions végétales grossières F > 2000.

Effets « enfouissement ». Dans le cas de l'arrière-effet (exp. 1), la différence entre les traitements B et E est faible (2 et 1,7 mg C.g⁻¹ sol) et ne peut s'interpréter par un effet « traitement » (1). Dans le cas de l'effet « annuel » (exp. 2) des teneurs plus élevées en carbone total sont observées pour le traitement E (différence entre B et E d'environ 40 %). Ces différences sont dues

TABLEAU VIa
Répartition du carbone, de l'azote, du soufre et du phosphore dans les différentes fractions granulométriques du sol.
Expérimentation 1.

Trait [†]	Horizon	Fraction	Poids	C	N	S	P
			g.100g ⁻¹ sol	mg.g ⁻¹ sol	μg/g ⁻¹ sol		
B	0-10	F>2000	0,007	0,024	1	0	0,1
		F 200-2000	26,9	0,27	23	17	13
		F 50-200	63,6	0,56	56	34	22
		F 0-50	9,0	1,19	132	13	41
		Total	99,6	2,04	212	64	76
	10-20	F>2000	0,006	0,023	1	0	0,1
		F 200-2000	26,6	0,14	11	12	6
		F 50-200	62,8	0,28	34	19	7
		F 0-50	10,1	1,04	119	12	27
		Total	99,5	1,48	165	43	40
M	0-10	F>2000	0,07	0,274	14	0,5	1
		F 200-2000	22,6	0,16	12	7	2
		F 50-200	65,5	0,65	65	28	40
		F 0-50	10,9	1,96	204	28	62
		Total	99,0	3,04	295	63	105
	10-20	F>2000	0,028	0,125	6	0,2	0,5
		F 200-2000	23,3	0,08	9	8	5
		F 50-200	65,2	0,48	53	21	15
		F 0-50	10,5	1,50	151	15	50
		Total	99,0	2,19	219	44	70
E	0-10	F>2000	0,014	0,043	2	0,1	0,2
		F 200-2000	25,6	0,11	17	9	11
		F 50-200	66,4	0,50	62	22	19
		F 0-50	7,4	1,03	112	12	35
		Total	99,4	1,68	193	43	65
	10-20	F>2000	0,012	0,049	2	0,1	0,2
		F 200-2000	24,3	0,15	15	11	11
		F 50-200	68,0	0,47	45	28	23
		F 0-50	7,0	0,99	108	11	35
		Total	99,3	1,66	170	50	69

(1) Cette différence (due essentiellement à la fraction F 0-50) peut s'expliquer à la fois par des variations texturales entre les échantillons (poids de F 0-50) et par les erreurs relatives méthodologiques (fractionnements, dosages).

TABLEAU VIb
Répartition du carbone, de l'azote, du soufre et du phosphore dans les
différentes fractions granulométriques du sol
Expérimentations 2 et 3

Trait ^t	Horizon	Fraction	Poids	C	N	S	P	
			g.100 g ⁻¹ sol	mg.g ⁻¹ sol		µg.g ⁻¹ sol		
<i>Expérimentation 2</i>								
B	0-10	F>2000 ⁽¹⁾	0,041	0,153	8	0	0	
		F 200-2000	27,3	0,12	12	12	8	
		F 50-200	65,1	0,48	57	29	17	
		F 0-50	7,4	1,07	100	13	32	
		Total	99,8	1,82	177	51	57	
	10-20	F>2000 ⁽¹⁾	0,004	0,015	1	0	0	
		F 200-2000	27,3	0,09	10	9	7	
		F 50-200	64,5	0,25	34	26	13	
		F 0-50	7,5	1,10	102	14	37	
		Total	99,3	1,46	147	49	57	
	E	0-10	F>2000 ⁽¹⁾	0,056	0,183	9	0	0
			F 200-2000	23,9	0,33	29	1	10
F 50-200			68,9	0,81	83	2	26	
F 0-50			6,7	1,19	128	7	27	
Total			99,5	2,51	249	10	63	
10-20		F>2000 ⁽¹⁾	0,012	0,040	2	0	0	
		F 200-2000	28,2	0,17	15	4	7	
		F 50-200	65,2	0,26	45	1	14	
		F 0-50	8,0	0,98	91	6	31	
		Total	101,4	1,45	153	11	52	
<i>Expérimentation 3</i>								
T		0-10	F>2000	0	0			
	F 200-2000		25,4	0,49				
	F 50-200		66,1	0,94				
	F 0-50		8,5	1,71				
	Total		99,9	3,14				
M	0-10	F>2000	0,108	0,46				
		F 200-2000	25,5	0,49				
		F 50-200	65,0	0,85				
		F 0-50	9,0	2,12				
		Total	99,5	3,92				

(1) Pour la fraction F > 2000, C est dosé sur chaque échantillon, N uniquement sur B (0-10), S et P ne sont pas dosés (négligeables). Les valeurs de N des autres échantillons (E) sont déduites de C (dosé) et du rapport C/N de l'échantillon B (0-10).

essentiellement aux fractions végétales de tailles supérieures à 200 µm.

b) Horizon 10-20 cm (fig.2)

Un « *arrière-effet mulch* » semble encore apparaître dans cet horizon, les différences avec les traitements B et E étant essentiellement dues aussi à la fraction organo-minérale F 0-50. Ceci implique un transfert de matière organique (« *voie soluble* ») des litières vers l'horizon 10-20.

Aucun « *effet enfouissement* » n'est constaté pour cet horizon, ce qui laisse supposer (pas d'observation de terrain) un enfouissement des pailles localisé à l'horizon 0-10 cm et de faibles transferts de matière organique avec les horizons sous-jacents.

c) Horizon 0-20 cm (fig.3)

Afin de comparer les résultats des expérimentations 1 et 2 à ceux obtenus lors d'une étude antérieure (FELLER *et al.*, 1983a) pour des enfouissements de compost

TABLEAU VII
Répartition du carbone dans les différentes fractions granulométriques du sol pour horizon 0-20 cm
Expérimentations 1 et 2

Expérimentation	Fraction	Traité	Poids	C
			g.100 g ⁻¹ sol	mg.g ⁻¹ sol
1	F > 2000	B	0,007	0,024
		M	0,049	0,200
		E	0,013	0,046
	F 200-2000	B	26,8	0,21
		M	23,0	0,12
		E	25,0	0,13
	F 50-200	B	63,2	0,42
		M	65,4	0,32
		E	67,2	0,49
	F 0-50	B	9,6	1,12
		M	10,4	1,73
		E	7,2	1,01
	Total	B	99,6	1,76
		M	99,0	2,62
		E	99,4	1,67
2	F > 2000	B	0,022	0,084
		E	0,034	0,112
	F 200-2000	B	27,3	0,11
		E	26,1	0,25
	F 50-200	B	65,7	0,37
		E	67,1	0,54
	F 0-50	B	7,5	1,09
		E	7,4	1,09
	Total	B	99,6	1,64
		E	100,5	1,98

de paille de mil dans le même type de sol, en culture continue de mil, nous avons dû exprimer les résultats pour l'horizon 0-20 cm.

De l'observation de la figure 3, il ressort que :

— par comparaison aux traitements B (exp. 1 et 2) les enfouissements de paille (4 t MS/ha/an) permettent annuellement une augmentation des stocks organiques du sol (d'environ 25 %) mais aucun arrière-effet n'est décelable ; les augmentations sont dues presque exclusivement aux débris végétaux de tailles supérieures à 200 μ m (F > 200), sans variation apparente de la fraction organo-minérale Fo-50 ;

— par comparaison au traitement T les enfouissements de compost (10 t MS/ha/an pendant 4 ans) permettent une augmentation des stocks organiques (d'environ 40 %), augmentation due exclusivement aux débris végé-

taux de tailles supérieures à 50 μ m (F > 50) sans variation apparente de la fraction organo-minérale F 0-50 ; — le mulch, même en arrière-effet, conduit à une augmentation des stocks organiques (d'environ 25 %) mais, contrairement aux traitements Enfouissement, cette augmentation est essentiellement liée à celle de la fraction organo-minérale F 0-50.

Les processus d'humification apparaissent donc fortement différents selon le type de gestion des pailles (enfouissement ou mulch, pailles ou composts).

2.3.2.2. Répartitions de S et P

a) Répartition du soufre. A l'exception du traitement E de l'expérimentation 2 (erreurs de dosages ?), les teneurs en S total des sols varient de 43 à 64 μ g.g⁻¹ sol (B = M > E) pour les horizons 0-10 cm et de 43 à 50 μ g.g⁻¹ sol pour les horizons 10-20 cm. Compte

tenu des faibles teneurs dosées, on ne peut déceler un « effet traitement ».

b) *Répartition du phosphore.* Les teneurs en P total varient de 40 à 105 $\mu\text{g P.g}^{-1}$ sol. La valeur la plus élevée est celle de l'horizon 0-10 du traitement mulch (exp. 1), les autres valeurs, tous traitements et horizons confondus, étant comprises entre 40 et 70 $\mu\text{g P.g}^{-1}$ sol. Les variations par fraction sont difficiles à interpréter.

Les effets des différents traitements observés sur les teneurs en C et N sont beaucoup moins nets pour les teneurs en S et P. Toutefois, le traitement Mulch pour l'horizon 0-10 conduit systématiquement aux teneurs en

S et P les plus élevées du sol total et de la fraction organo-minérale, ce qui rappelle l'évolution observée pour C et N.

CONCLUSIONS

Une méthode très simple de fractionnement granulométrique du sol sous eau est utilisée pour caractériser la matière organique de sols sableux des tropiques semi-arides. Les fractions obtenues sont très typées sur le plan morphologique et chimique : fractions « végétales » de tailles supérieures à 50 μm ($F_o > 2000$,

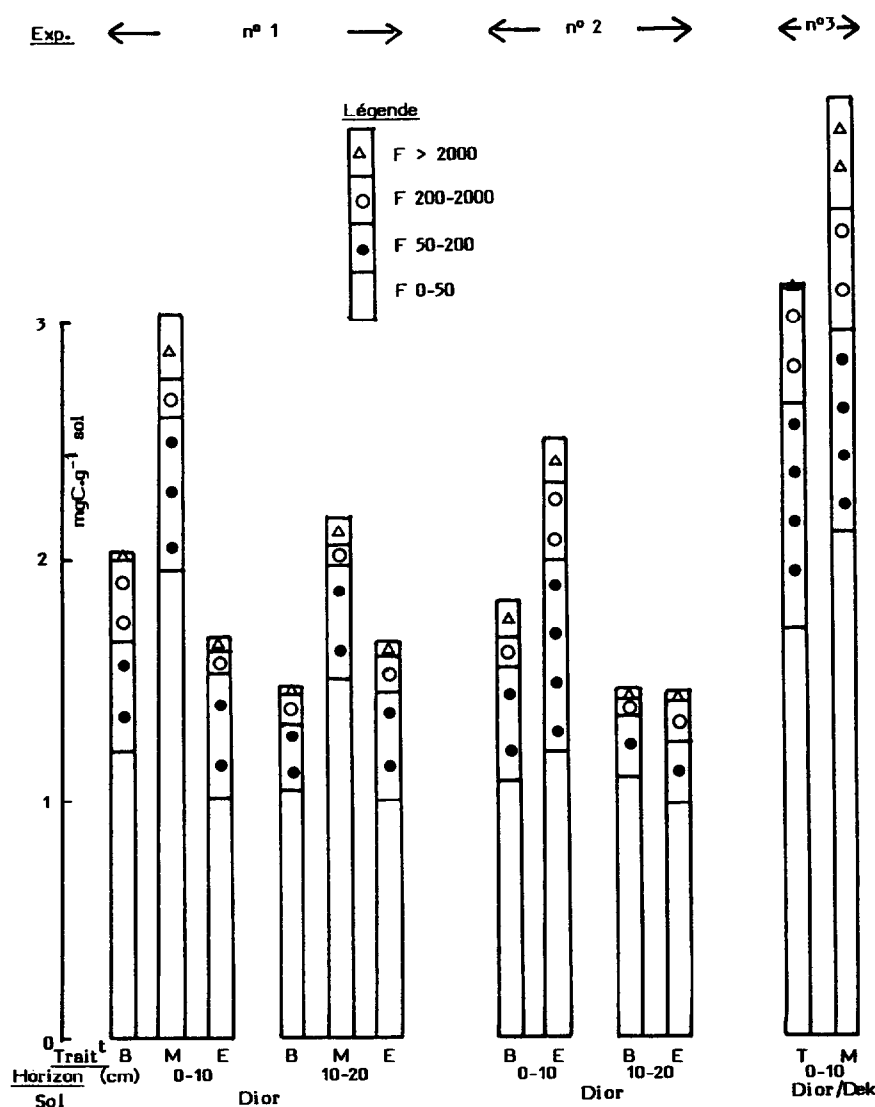


FIG. 2. — Teneurs en carbone ($\text{mgC.g}^{-1}\text{sol}$) des différentes fractions granulométriques. Expérimentations 1, 2 et 3, horizons 0-10 et 10-20 cm.

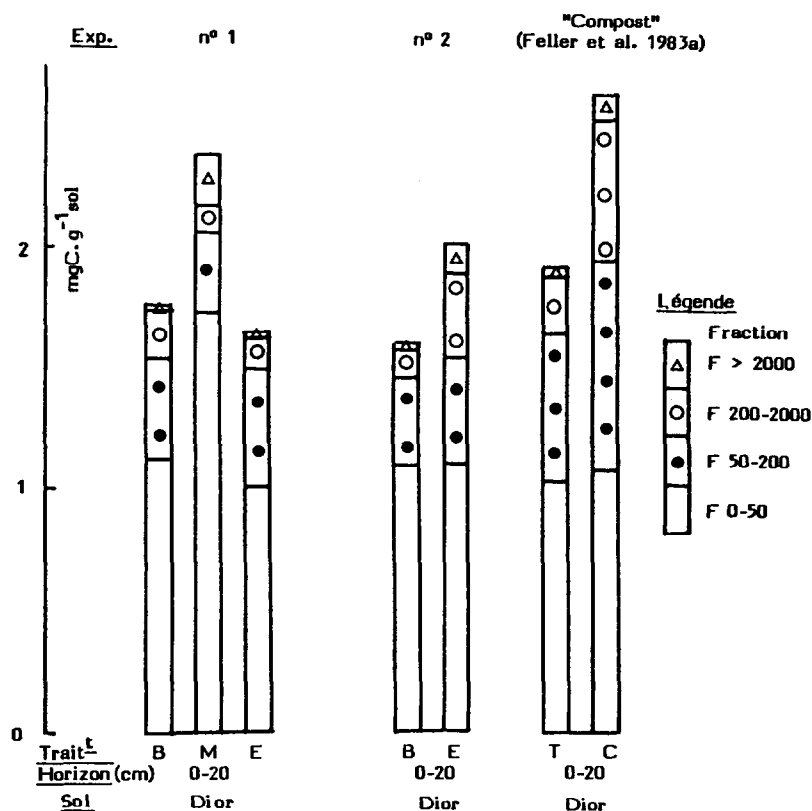


FIG. 3. — Teneurs en carbone (mgC.g⁻¹sol) des différentes fractions granulométriques. Expérimentations 1, 2 et « Compost », horizons 0-20 cm.

Fo 200-1000 et Fo 50-200) et fraction « organo-minérale » de taille inférieure à 50 μm (F 0-50). Les rapports C/N, C/S et C/P, quand on passe des fractions végétales grossières à la fraction « organo-minérale », varient respectivement de 24 à 10, de 600 à 100 et de 250 à 30.

Appliquée à des agrosystèmes « arachide-mil » impliquant différents modes de gestion des pailles de mil, cette caractérisation permet la mise en évidence de processus de stockage très différents selon les traitements. En effet, par comparaison à des traitements Brûlis ou Témoin (exportation), les augmentations des stocks organiques observées pour les traitements Mulch ou Enfouissement (paille ou compost) ne concernent pas les mêmes compartiments du sol :

- résidus végétaux de tailles supérieures à 50 ou 200 μm pour les enfouissements de compost et de paille,
- fraction organo-minérale de taille inférieure à 50 μm principalement, et résidus végétaux très grossiers (taille supérieure à 2000 μm) secondairement, pour les traitements Mulch.

Dans ces sols sableux, le mulch privilégierait un sto-

ckage des matières organiques (d'origine végétale ou microbienne) par « voie soluble ou pseudo-soluble » au niveau des colloïdes minéraux du sol. A l'opposé, pour les enfouissements de compost, l'humification suivrait essentiellement un processus par « héritage » ou « voie résiduelle », avec forte minéralisation des composés facilement solubles et transformation oxydative *in situ* des résidus végétaux conservés dans des fractions de tailles supérieures à 50 μm .

La connaissance à l'heure actuelle du rôle de ces différentes fractions dans les propriétés des sols (minéralisation, agrégation, propriétés d'échange, etc.) ou les relations sol-plante (cycles N, P, S, eau) est encore très élémentaire. Aussi, une prédiction du « comportement » du sol sous l'effet de modification des fractions végétales ou organo-minérales à la suite de diverses histoires culturales est difficile. Lorsque cette connaissance sera mieux établie, cette caractérisation de la matière organique du sol en grands compartiments « naturels » (résidus végétaux, complexe organo-minéral, phase soluble) devrait fournir des éléments d'information permettant une gestion mieux raisonnée des restitutions orga-

niques exogènes (pailles, composts, etc.) ou endogènes (restitutions racinaires variant selon les rotations culturales, rôles des jachères et/ou prairies, etc.) en vue du

maintien à long terme du potentiel productif de ces sols.

Manuscrit accepté par le Comité de rédaction le 4 avril 1988.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBRECHT (A.), BROSSARD (M.) et FELLER (C.), 1986. — Etude de la matière organique des sols par fractionnement granulométrique. 2. Augmentation par une prairie à *Digitaria decumbens* du stock organique de vertisols cultivés en Martinique. C.R. 13^e Congr. AISS, Hambourg, 2 : 214-215.
- ANDERSON (D.W.), SAGGAR (S.), BETTANY (J.R.) and STEWART (J.W.B.), 1981. — Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter : 1. The nature and distribution of forms of carbon, nitrogen and sulfur. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 45 : 767-772.
- ANDREUX (F.), BRUCKERT (S.), CORREA (A.) et SOUCHIER (B.), 1980. — Sur une méthode de fractionnement physique et chimique des agrégats des sols : origines possibles de la matière organique des fractions obtenues. C.R. Acad. Sc. Paris, 291, sér. D, 381-384.
- BERNHARD-REVERSAT (F.), 1981. — Participation of light and organo-mineral fractions of soil organic matter in nitrogen mineralization in a sahelian savannah soil. *Zbl. Bakt. II, Abt.*, 136 : 281-290.
- CERRIC (C.), FELLER (C.), BALESDENT (J.), VICTORIA (R.) et PLENEGASSAGNE (A.), 1985. — Application du traçage isotopique naturel en ¹³C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. C.R. Acad. Sci. Paris, 300, sér. II, 423-428.
- 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. *Agron. Trop.*, 26 (9) : 903-978 ; (11) : 1184-1247.
- CHOPART (J.L.), 1980. — Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide-mil-sorgho-riz pluvial). Thèse de Doctorat, INPT, Toulouse, 160 p.
- CHOPART (J.L.), 1983. — Etude du système racinaire du mil (*Pennisetum typhoides*) dans un sol sableux du Sénégal. *Agron. Trop.*, (38) (1) : 37-51.
- CHOPART (J.L.), NICOU (R.) et VACHAUD (G.), 1979. — Le travail du sol et le mulch pailloux. Influences comparées sur l'économie de l'eau dans le système arachide-mil au Sénégal. In : « Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships », AIEA Ed., Vienne : 199-211.
- CHRISTENSEN (B.T.), 1985. — Carbon and nitrogen in particle-size fractions isolated from danish arable soils by ultrasonic dispersion and gravity-sedimentation. *Acta Agric. Scand.*, 35 : 175-187.
- CHRISTENSEN (B.T.) and SORENSEN (L.H.), 1985. — The distribution of native and labelled carbon between soil particle size fractions isolated from long-term incubation experiments. *J. Soil Sci.*, 36, 219-229.
- DANCETTE (F.), 1984. — Extrait du Rapport CRS 8 « niebé ». Station de Bioclimatologie, ISRA-CRA, Bambey, Sénégal. *Inédit*.
- FAUCK (R.), MOUREAUX (C.) et THOMANN (C.), 1969. — Bilan de l'évolution des sols à Séfa (Casamance, Sénégal) après 15 années de culture continue. *Agron. Trop.*, 24 : 263-301.
- 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.*, Vol. XVII, n° 4 : 339-346.
- FELLER (C.) et MILLEVILLE (P.), 1977. — Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental). 2. Aspects biologiques et caractéristiques de la matière organique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. XV, n° 3, 291-302.
- FELLER (C.), CHEVAL (M.) et GANRY (F.), 1981. — Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agrosystème tropical. I. Influence d'une fertilisation azotée (urée) et d'un amendement organique (compost) sur la répartition du carbone et de l'azote dans différents compartiments d'un sol sableux. *Agron. Trop.*, 26 : 9-17.
- FELLER (C.) et GANRY (F.), 1982. — Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agrosystème tropical. III. Effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière organique dans différents compartiments d'un sol sableux. *Agron. Trop.*, 37 : 262-269.
- FELLER (C.), GUIRAUD (G.) et GANRY (F.), 1982. — Soil organic matter and nitrogen interaction in a tropical agrosystem. Study by size organic matter fractionation and isotope techniques. C.R. Colloque Régional sur la Matière Organique des Sols, CENA, Piracicaba (Brésil) : 185-192.

- FELLER (C.), BERNHARD-REVERSAT (F.), GARCIA (J.L.), PANTIER (J.J.), ROUSSOS (S.) et VAN VLIETLANOE (B.), 1983a. — Etude de la matière organique de différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical. Effet d'un amendement organique (compost). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. XX, n° 3, 223-238.
- FELLER (C.), GUIRAUD (G.), HETIER (J.M.) et MAROL (C.), 1983b. — Study by size fractionation of organic matter in a cultivated tropical soil fertilized with labelled crop residues (^{14}C , ^{15}N) and urea ^{15}N . *Intern. J. Trop. Agri.* : 1, 123-130.
- FELLER (C.), CHEVIGNARD (T.) et ANDREUX (F.), 1986. — Etude de la matière organique des sols par fractionnement granulométrique. 3. Reconstitution de la matière organique de ferrisols tronqués en Martinique. C.R. 13^e Cong. AISS, Hambourg, 2, 286-287.
- OADES (J.M.), and TURCHENEK (L.W.), 1978. — Accretion of organic carbon, nitrogen and phosphorus in sand and silt fractions of a red-brown earth under pasture. *Aust. J. Soil Res.*, 16 : 351-354.
- SEDOGO (M.P.), PICHOT (J.) et POULAIN (J.F.), 1979. — Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. Incidences des successions culturales. IRAT, Haute-Volta, 28 p. *multigr.*
- SIBAND (P.), 1974. — Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *Agron. Trop.*, 29 : 1228-1248.
- TIESSEN (H.) and 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 fraction. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47 : 509-513.
- TURCHENEK (L.W.) and OADES (J.M.), 1979. — Fractionation of organo-mineral complexes by sedimentation and density techniques. *Geoderma*, 21 : 322-343.