

**LE CARBONE ET L'AZOTE DANS LES DIFFERENTES FRACTIONS  
GRANULOMETRIQUES D'UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL :  
effets de quatre types d'amendements organiques.**

**M.P. SEDOGO\***  
**F. LOMPO\***  
**B. OUATTARA\***

**RESUME**

La méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique du sol a été utilisée pour analyser l'évolution du statut organique d'un sol ferrugineux tropical sous monoculture de sorgho soumis pendant 9 ans aux apports annuels (10T/ha) de paille, compost anaérobie, compost aérobie, fumier. Ces substrats organiques, combinés factoriellement à deux doses d'azote-engrais ( 0 et 60 unités de N/ha) sont enfouis au sol grâce à un labour à plat au tracteur. Une parcelle en jachère contiguë à l'essai sert de référence à l'étude.

De façon générale, les substrats organiques associés ou non à l'azote permettent de maintenir le statut organique du sol à un niveau voisin de celui du sol sous jachère naturelle. Toutefois, l'apport supplémentaire d'azote joue un rôle primordial dans l'accroissement des teneurs en carbone et en azote du sol dans sa fraction grossière (taille supérieure à 200 µm). Ce phénomène est d'autant plus accentué que la quantité de carbone apporté par le substrat est faible.

Enfin, l'absence d'apports organiques au sol entraîne une perte annuelle de matière organique des parcelles estimée à 3,3 p.c..

**MOTS CLES** : sol ferrugineux tropical - substrats organiques - jachère - fractionnement granulométrique - statut organique.

**CARBON AND NITROGEN IN DIFFERENT GRANULOMETRIC  
FRACTIONS OF A TROPICAL FERRUGINEOUS SOIL :  
effects of four organic amendments.**

**ABSTRACT**

Particle size analysis and organic matter fractionation were used to analyse organic matter evolution in a tropical ferruginous soil. Sorghum crops were grown and organic amendments (10 t/ha of either straw, anaerobic compost, aerobic compost, or manure) were incorporated with a moldboard plough for 9 years. The organic amendments were applied in factorial combination with two N rates (0 and 60 kg N/ha as urea). An adjacent fallow was used as the control for this study.

---

\* Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) 01 BP 476 Ouagadougou 01;  
Burkina Faso

In general, the amendments permitted maintenance of soil organic matter at a level comparable to that of the fallow, whether supplementary N was applied or not. Nevertheless, supplementary N played an important role in increasing the levels of C and N in the soil coarse fraction (diameter > 200  $\mu$ m). This effect of supplementary N is accentuated when relatively less vegetative carbon is applied.

Finally, it was estimated that in the absence of annual organic amendments, the annual rate of organic matter loss from the plots would be 3.3 p.c..

**KEY-WORDS** : tropical ferrugineous soil - organic amendments -fallow - particle size analysis - organic matter content.

## INTRODUCTION

Les caractéristiques physico-chimiques des sols ferrugineux tropicaux des zones semi-arides sont telles que la matière organique apparaît comme un facteur essentiel du maintien et/ou de l'amélioration de façon durable de leur fertilité (SIBAND, 1974; SANCHEZ, 1976; FELLER, 1977; VELLY et LONGUEVAL, 1977; COINTEPAS et MAKILO, 1982 ; BERGER et al., 1987; BARTOLI et al., 1988).

Mais cette "source d'énergie" des sols cultivés, pour des raisons diverses, est présente en très faibles quantités (moins de 1 p.c. ) dans les agro-systèmes du Plateau Central du Burkina (PICHOT, 1978; SEDOGO, 1981 ; HIEN, 1990).

Dans un tel contexte caractérisé par une baisse continue de la fertilité de ces sols, il est apparu nécessaire de chercher à gérer le mieux possible les résidus culturaux afin d'améliorer et/ou maintenir le statut organique des sols. C'est ainsi que depuis plus d'une décennie l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) a mis un accent particulier sur le recyclage des résidus de récolte par voies de compostage.

Ainsi, les produits organiques suivants, de divers stades de décomposition, ont été testés au champ en vue d'évaluer leur incidence sur les rendements et sur la fertilité du sol : la paille brute, les composts aérobie et anaérobie et le fumier.

Cet article se propose d'étudier l'incidence de ces matières organiques sur le statut organique d'un sol ferrugineux tropical, après 9 années de monoculture de sorgho, en mettant l'accent sur la répartition du carbone et de l'azote dans trois compartiments granulométriques issus du fractionnement physique du sol.

## MATERIEL ET METHODE D'ETUDE

### . Support de l'étude

L'étude a été menée sur la station de Recherches Agricoles de SARIA, située sur le Plateau Central du Burkina. Le climat est de type nord-soudanien caractérisé par l'existence d'une seule saison des pluies entre mai et octobre. La moyenne pluviométrique annuelle calculée sur la durée de l'expérimentation est de 760 mm.

Les sols sont issus d'une roche-mère granitique calco-alcaline. Selon JENNY (1964), ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés et à concrétions.

Le tableau I donne les principales caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface 0-20 cm. Il s'agit d'un sol sablo-argileux, faiblement acide, moyennement désaturé, pauvre en matière organique et en azote.

**Tableau I** : Caractéristiques physico-chimiques de la tranche 0-20 cm du sol

GRANULOMETRIE (p.c.)	
Sables totaux .....	74,00
Argile + Limons .....	26,00
Carbone (p.c.) .....	
Azote (p.c.) .....	0,39
COMPLEXE ABSORBANT (més/100 g)	
Ca ++ .....	1,99
Mg ++ .....	0,67
Na ++ .....	0,00
K + .....	0,09
Somme (S) .....	2,75
Capacité d'échange (T) .....	4,96
Saturation (S/T x 100) .....	55,40
pH <sub>eau</sub> .....	
	6,40

L'essai "Etude comparative des amendements organiques" qui sert de support à cet article, est conduit depuis 1981, suivant un dispositif factoriel 5 x 2 (5 types de substrats organiques x 2 niveaux d'azote), soit 10 traitements en six répétitions :

- sol sans apport de matières organiques	] X	0 N
- sol + paille		
- sol + compost anaérobie		
- sol + compost aérobie		
- sol + fumier		60 N

Les différents substrats organiques sont annuellement apportés, à raison de 10 t/ha et enfouis au sol par un labour à plat au tracteur. Leurs principales caractéristiques analytiques sont consignées dans le tableau II.

**Tableau II** : Teneurs en carbone et en azote des différents substrats organiques.

	Carbone (p.c.)	Azote (p.c.)	Rapport C/N
Paille .....	42,5	0,60	70,2
Compost anaérobie .....	30,6	0,98	31,2
Compost aérobie .....	17,0	0,88	19,3
Fumier .....	22,5	1,27	17,7

L'apport d'azote se fait sous forme d'urée en deux fractions au semis et 30 jours après. Une fumure uniforme (PK) est apportée au semis sur toutes les parcelles à raison de 30 unités par hectare de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de phosphate supertriple et de 30 unités par hectare de K<sub>2</sub>O sous forme de chlorure de potasse.

L'essai est conduit en sorgho continu. Une parcelle restée en jachère sert de référence à l'étude.

### **. Les prélèvements d'échantillons de sol**

Des échantillons composites de sol ont été prélevés, après neuf années de culture, suivant les deux diagonales de chaque parcelle, (à raison de cinq prélèvements par parcelle) et sur trois blocs de l'essai. Les prélèvements ont été effectués à sec, après les récoltes, sur la tranche 0-20 cm du sol .

### **. Fractionnement granulométrique de la matière organique**

Une méthode de fractionnement simplifiée dérivant de celle décrite par FELLER et al. (1983) a été utilisée.

Les échantillons de sol séchés au soleil et tamisés à sec à l'aide d'un tamis de 2 mm. 100 g de terre fine, ainsi obtenus, sont introduits dans des pots plastiques de 450 ml de volume, avec environ 300 ml d'eau distillée. L'ensemble est mis à agiter sur un agitateur mécanique va-et-vient pendant une heure. La suspension ainsi obtenue est ensuite passée successivement dans des tamis à mailles carrées de 200 et 50  $\mu\text{m}$ .

Les fractions F200 et F50 retenues sur les tamis sont lavées à l'eau distillée et recueillies dans des coupelles. Elles sont ensuite séchées à l'étuve à 60°C puis pesées.

La suspension de la fraction de taille inférieure à 50  $\mu\text{m}$  ou FOM (fraction organo-minérale), à laquelle s'est ajoutée l'eau de lavage des fractions F200 et F50 est soumise à une évaporation lente sur une plaque chauffante à 60°C. Après séchage complet, on détermine le poids de la fraction organo-minérale.

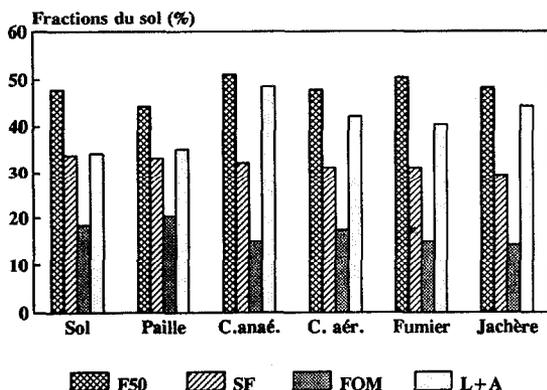
### **. Dosage du carbone et de l'azote totaux du sol et de ses différentes fractions.**

Le carbone total est dosé par la méthode de WALKLEY-BLACK et l'azote par la méthode KJELDAHL. Leurs teneurs ont été respectivement exprimées en milligramme de carbone par gramme de sol (mgC/g) et en milligramme d'azote par kilogramme de sol (mgN/kg).

## **RESULTATS**

### **. Répartition pondérale des différentes fractions granulométriques du sol.**

La répartition pondérale moyenne des différentes fractions organo-minérales, comparée à celle des classes de texture correspondantes, montre des écarts de poids particulièrement plus accentués pour les fractions F50 et FOM du sol (Figure 1). Ainsi, si la proportion des fractions de taille supérieure à 50  $\mu\text{m}$  (F50) est nettement supérieure à celle des sables fins (SF), celle de la fraction fine (FOM) se situe par contre très largement en deçà de celle de la classe granulométrique correspondante (limons + argiles, L+A ) et ce, quelque soit le traitement agronomique.



**Figure 1 :** Répartition pondérale des fractions organo-minérales dans le sol : comparaison avec les teneurs granulométriques correspondantes.

### Répartition du carbone et de l'azote dans les différents compartiments du sol.

L'examen des teneurs en carbone des différents compartiments granulométriques du sol (tableau III) laisse apparaître une plus grande richesse au niveau des fractions FOM et F50, par rapport à la fraction F200. Ainsi donc, plus les fractions sont fines, plus leurs teneurs en carbone sont élevées. Par contre, on observe un enrichissement plus important en carbone de la fraction grossière (taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ ). Cet enrichissement dépend du substrat organique (tableau V). Les substrats à C/N faibles (fumier et compost aérobie) enrichissent plus cette fraction.

**Tableau III :** Teneurs en carbone total des différentes fractions (mgC/g de sol et en % de C total).

TRAITEMENTS	F.200		F. 50		FOM		C. TOTAL
	mgC/g	% C	mgC/g	% C	mgC/g	% C	mgC/g
Sol	0,45	16,5	1,14	41,7	1,14	41,8	2,73
Sol + N	0,32	11,5	1,12	40,1	1,35	48,4	2,79
Paille	0,88	20,7	1,43	33,6	1,94	45,7	4,25
Paille + N	0,83	22,2	1,44	38,6	1,46	39,2	3,73
C. Anaé.	0,87	22,0	1,59	40,4	1,48	37,7	3,94
C. Anaé. + N	1,16	27,5	1,60	38,1	1,44	34,3	4,20
C. Aero	0,93	24,0	1,44	37,2	1,50	38,8	3,87
C. Aero. + N	0,98	26,0	1,42	37,7	1,37	36,3	3,77
Fumier	0,92	24,0	1,28	33,4	1,63	42,6	3,83
Fumier + N	1,32	31,0	1,37	32,2	1,57	36,8	4,26
Jachère	1,05	26,8	1,44	36,8	1,42	36,4	3,93

L'apport d'azote, sous forme d'urée, diminue légèrement les teneurs en carbone des fractions FOM et F 50, mais enrichit davantage la fraction F 200 (tableau VI).

Ces mêmes observations sont également valables en ce qui concerne les teneurs en azote total des différentes fractions (tableau IV).

**Tableau IV** : Teneurs en Azote total des différentes fractions (mgN/g et % de N).

TRAITEMENTS	F.200		F. 50		FOM		C. TOTAL
	mgN/kg	% N	mgN/kg	% N	mgN/kg	% N	mgN/kg
Sol	36,6	15,5	98,5	39,5	114,8	45,6	249,9
Sol + N	40,5	15,7	103,6	40,2	113,5	44,1	257,6
Paille	59,1	18,2	110,8	34,2	154,8	47,6	324,8
Paille + N	56,8	18,8	112,6	37,4	132,1	43,8	201,5
C. Anae.	65,5	18,2	141,9	39,5	152,2	42,3	359,6
C. Anae. + N	78,2	24,5	133,3	41,8	107,7	33,7	319,2
C. Aero	68,3	21,1	124,2	38,3	131,5	40,6	324,0
C. Aero. + N	79,7	24,7	131,6	40,8	111,2	34,4	322,9
Fumier	92,8	25,7	117,0	32,5	150,8	41,8	360,3
Fumier + N	100,9	28,7	108,2	30,5	144,6	40,8	354,7
Jachère	62,2	22,2	108,8	38,5	110,9	39,3	282,1

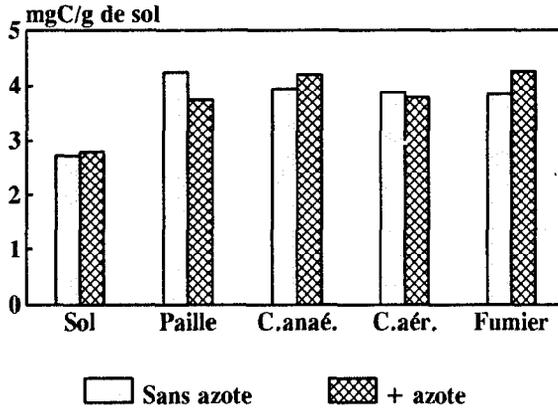
**Tableau V** : Enrichissement du sol en carbone, dans ses différents compartiments, par les apports organiques (exprimé en %).

SUBSTRATS	F200	F50	FOM
PAILLE	28	19	53
COMPOST ANAEROBIE	35	37	28
COMPOST AEROBIE	42	26	32
FUMIER	51	25	24

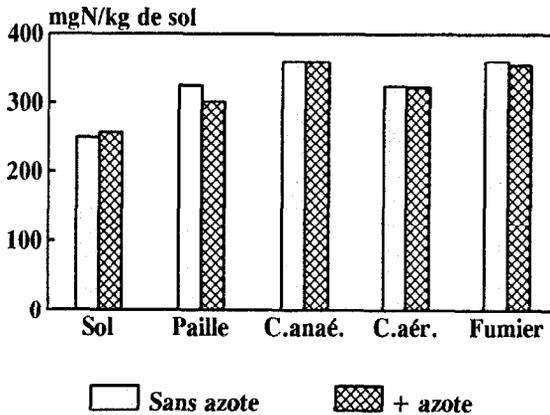
**Tableau VI** : Enrichissement du sol en carbone par les apports organiques associés à l'urée, dans ses différents compartiments. (exprimé en %).

SUBSTRATS + UREE	F200	F50	FOM
PAILLE + N	54	34	12
COMP. ANA. + N	60	34	6
COMP. AER. + N	67	31	2
FUMIER + N	68	17	15

Du point de vue des teneurs globales des parcelles en azote et en carbone totaux, les figures 2 et 3 montrent que les quatre substrats, associés ou non à l'azote-engrais, constituent un groupe homogène quant à leurs effets sur les bilans en azote et en carbone des parcelles. Ils diffèrent significativement du témoin (sans apport organique), mais maintiennent le statut organique du sol à un niveau équivalent à celui du sol sous jachère naturelle.



**Figure 2 :** Teneurs moyennes en carbone des différents traitements.



**Figure 3 :** Teneurs moyennes en azote des différents traitements.

## DISCUSSIONS

Les substrats qui diffèrent entre eux par leur aptitude à la biodégradation ont engendré, au bout de 9 années de monoculture de sorgho, un environnement biologique favorable à leur décomposition rapide (CHAUSSOD *et al.*, 1986). Ils ont ainsi permis de maintenir le statut organique du sol à un niveau équivalent ou supérieur, dans certains cas, à celui du sol sous jachère naturelle.

L'apport supplémentaire d'azote modifie très peu ce processus. Il contribue toutefois à accroître le statut organique des parcelles qui ont reçu le substrat le mieux décomposé (fumier). L'adjonction de l'azote consécutive aux enfouissements de paille brute entraîne par contre des pertes en carbone et en azote du sol. Ce phénomène découlerait d'une intense activité biologique et rhizosphérique insuffisamment soutenue par ce substrat associé à l'azote (PIERI, 1989).

En l'absence d'apport organique, les parcelles enregistrent des baisses importantes de matière organique comparativement au sol sous jachère. La perte annuelle de matière organique peut-être évaluée à 3,3 p.c.. Cette valeur se situe dans la fourchette de 2 à 4 p.c. établie par BERGER et al. (1987) dans la zone cotonnière du Burkina.

La jachère permet ainsi de maintenir le statut organique du sol à un niveau proche de celui que procurent les apports annuels de 10 t/ha de substrats organiques. RICHARD et DJOULET (1985) s'accordent à reconnaître qu'elle constitue l'un des moyens efficaces de la régénération de la fertilité des sols tropicaux.

Malheureusement, cette pratique a quasiment disparu des pratiques des paysans du Plateau Central du Burkina à cause de la forte pression démographique, 50 à 125 hts/km<sup>2</sup> qu'on y enregistre.

L'essai de fractionnement physique de la matière organique du sol a mis en évidence une insuffisance de désagrégation, lors de l'agitation mécanique, des associations organo-minérales de la taille des sables fins du sol. Il en est alors résulté une séquestration de la matière organique dans ce compartiment, au détriment de la fraction fine du sol. Les teneurs pondérées en carbone et en azote de la fraction FOM accusent dès lors des baisses considérables.

Les travaux de HOUOT et BARRIUSO (1988) ont en effet montré qu'une insuffisance d'agitation mécanique pouvait entraîner un blocage de la matière organique dans les agrégats de la taille des sables grossiers. Ces auteurs proposent que l'agitation en présence de billes soit suivie de sonification. Par contre, DUTARTRE (1989), dans un essai de fractionnement granulométrique sur ce même type de sol, en utilisant un dispersant chimique en plus de l'agitation mécanique, n'avait pas pu déceler de matière organique dans le compartiment des sables fins.

Ces différentes observations montrent que le choix de la méthode de fractionnement physique de la matière organique est fonction, non seulement de la nature du sol, mais aussi des objectifs visés (FELLER et al., 1983).

Aussi, la méthode simplifiée que nous avons utilisée a permis d'analyser les états d'humification des substrats organiques dans des compartiments assez bien contrastés du sol.

La matière organique ne constitue pas, en fait, un compartiment homogène sur le plan de sa localisation et de son évolution dans le sol. Ainsi, 70 à 85 % du carbone et de l'azote sont concentrés dans les fractions de taille inférieure à 200 µm, quelle que soit la nature du substrat organique incorporé au sol. Cette forme plus humifiée de la matière organique qui est essentiellement associée à la fraction argileuse est à la base de la micro-agrégation de ces sols (BARTOLI et al., 1988 et 1992 ; DUTARTRE, 1989).

Les substrats organiques induisent toutefois un enrichissement plus accentué en carbone dans la fraction grossière du sol (taille supérieure à 200 µm). Cet accroissement résulterait des processus de biodégradation variables suivant la nature du substrat et selon qu'il est associé ou non à un engrais azoté. L'enrichissement est ainsi plus élevé lorsque le substrat est bien décomposé. L'apport supplémentaire d'urée contribue également à favoriser l'humification de la fraction libre de la matière organique du sol.

Ces résultats sont en accord avec ceux de FELLER et al. (1983), HOUOT et BARRIUSO (1988). Ces auteurs ont montré que les apports organiques affectaient plus la fraction grossière du sol. Celle-ci constitue ce que FELLER appelle le "compartiment entrée" de la matière organique. C'est à ce niveau qu'interviennent les processus

d'humification et de minéralisation des substrats. La fraction fine FOM qui est biologiquement plus stable constitue le "compartiment de stockage".

### **CONCLUSION GENERALE**

La méthode de fractionnement granulométrique a été appliquée à l'étude de l'évolution du statut organique d'un sol sablo-argileux soumis à l'action combinée de quatre types de substrat organique et de l'urée. Il s'est avéré que dans un tel type de sol dont la teneur en argile atteint 10 %, la désagrégation des associations argiles-humus par simple agitation mécanique n'a pas été complète. Il en est résulté une séquestration de la matière organique dans la fraction de la taille des sables fins du sol.

Ce fractionnement granulométrique a cependant permis de mettre en évidence l'état d'humification des différents substrats organiques dans trois compartiments assez bien contrastés du sol (la fraction des sables grossiers ( F200), la fraction des sables fins (F50) et la fraction organo-minérale (FOM). De façon globale, les différents composts à C/N variés ont permis, après neuf années de monoculture de sorgho, de maintenir le statut organique des parcelles à un niveau voisin de celui du sol sous jachère naturelle.

Cette action est d'autant plus remarquable que le substrat est bien décomposé (cas du fumier). Ainsi, en l'absence des substrats, la perte annuelle de matière organique des parcelles peut être estimée à 3,3 p.c.. L'apport supplémentaire d'azote sous forme d'urée ne modifie pratiquement pas ce processus. Il semble plutôt jouer un rôle primordial dans l'accroissement du statut organique du sol dans sa fraction grossière en favorisant l'humification des résidus culturaux. Ce phénomène est d'autant plus accentué que le rapport C/N du substrat est bas.

L'absence d'apport d'urée induit indifféremment l'enrichissement en carbone et en azote dans les trois compartiments du sol à des amplitudes variables selon la nature du substrat.

En conclusion, il apparaît que l'enfouissement annuel de 10 t/ha de résidus culturaux au sol, qu'ils soient décomposés ou non, entraîne à long terme un environnement biologique favorable à leur humification rapide. Toutefois, l'adjonction d'azote permet encore d'accélérer ce processus de décomposition. Le statut organique du sol s'en trouve également amélioré.

## BIBLIOGRAPHIE

**BARTOLI (F.), PHILIPPY (R.), et BURTIN (G.), 1988.** Agregation in soils with small amounts of swelling clays. I - Aggregate stability. *Reprinted from Journal of Science*, 39 ; 24 P.

**BARTOLI (F.), PHILIPPY (R.) et BURTIN (G.), 1992.** Influence of organic matter on aggregation in oxisols rich on gibbsite or in goethite. I-Structure: the fractal approach. *Geoderma*, 54, pp 231-257.

**BERGER (M.), BELEM (P.C.), DAKOUO (D.), et HIEN (V.), 1987.** Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association Agriculture-Elevage. *Cot. Fib. Trop.*, XLII (3).

**CHAUSSOD (R.), NICOLARDOT (B.), CATROUX (G.), et CHRETIEN (J.), 1986.** Relation entre les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *Science du sol*, 2 : 213-226.

**COINTEPAS (J.P.), et MAKILO (R.), 1982.** Bilan de l'évolution des sols sous culture intensive dans une station expérimentale en milieu tropical humide. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 19 (3) : 271-282.

**DUTARTRE (Ph.), 1989.** Constituants organiques et associations organo-minérales : agrégation des sols tropicaux sableux (MALI et BURKINA FASO). *DEA de Pédol., Université NANCY I*, 49 p.

**FELLER (C.), 1977.** Evolution des sols de défriche récente dans la région des terres neuves (Sénégal Oriental) 2ème partie : aspects biologiques et caractéristiques de la matière organique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15 (3): 292-302.

**FELLER (C.), BERNHARDT-REVERSAT (F.), GARCIA (J.L.), PANTER (J.J.), ROUSSOS (S.), et VAN VLIET-LANOE (B), 1983.** Etude de la matière organique de différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical. Effet d'un amendement organique (compost). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 20 (3) : 223-238.

**HIEN (V.), 1990.** Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du BURKINA FASO. *Thèse Doctorat INPL NANCY*, 149 p.

**HOUOT (S.), et BARRIUSO (E), 1988.** Répartition granulométrique de la matière organique dans les dispositifs de longue durée. Influence du mode de fertilisation. *GEMOS/DIJON*, 9 : 75-85.

**JENNY (F.), 1964.** Etude agropédologique des stations de Saria et de Farako-Bâ. *Rapport I.R.A.T./Haute Volta*, 144p.

**PICHOT (J.), 1978.** Rôle de la matière organique dans la fertilité des sols. *Agron. Trop.*, XXX(2) : 170-174.

**PIERI (C.), 1989.** Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherches et de développement agricoles au sud du SAHARA. *Ministère de la Coopération Française et CIRAD/IRAT (Montpellier)*, 444 p.

**RICHARD (L.), et DJOULET (D), 1985.** La fertilité des sols et leur évolution. *Cot. et Fib. Trop., sér. Documents, Etudes et Synthèses*, 6 : 28 p.

**SANCHEZ (P.A), 1976.** Properties and management of soils in the tropics. WILEY-INTERSCIENCE Publication, NEW YORK, 618 p.

**SEDOGO (P.M.), 1981.** Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sols ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse Doct. Ing. INPL NANCY, 195 p.

**SIBAND (P), 1974.** Evolution des caractères de la fertilité d'un sol rouge de CASAMANCE. *Agron. Trop., sér. Agr. Générale, XXIX (12) : 1228-1248.*

**VELLY (J.), et LONGUEVAL (C.), 1977.** Evolution d'un sol ferrallitique de Madagascar sur gneiss sous l'influence d'apports annuels de paille et d'azote. *Proceeding of a symposium, BRAVNSHWEIG, 1 : 69-81.*