

# Statut de la matière organique des sols de la région sahélienne du Burkina Faso

F.J.-P. Pallo<sup>(1)</sup>, S. Asimi<sup>(1)</sup>, A. Assa<sup>(2)</sup>, P.M. Sedogo<sup>(1)</sup> et N. Sawadogo<sup>(1)</sup>

(1) Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) - 04 BP 8645 Ouagadougou 04 - Burkina Faso

(2) Université de Cocody / UFR - STRM - 22 BP 582 Abidjan 22 - Rép. de Côte d'Ivoire

## RÉSUMÉ

L'étude traite de la matière organique de l'horizon supérieur des sols brun rouge subarides, des sols bruns subarides à pseudogley et des sols bruns subarides vertiques, sous formation naturelle. Dans la base de référence mondiale pour les ressources en sols (WRB), ces unités correspondent au niveau des groupes de référence des sols, aux Cambisols et Luvisols. Elles sont localisées dans la région sahélienne du Burkina Faso. Bien que cette partie du pays soit généralement considérée comme une zone de pastoralisme, l'agriculture pluviale d'autosubsistance y est aussi pratiquée. Le but de l'étude est d'accroître les connaissances sur cette importante composante édaphique dont les effets positifs sur la productivité des sols ont été soulignés par de nombreux auteurs. Elle vise aussi à établir pour la zone concernée les relations entre ce facteur de fertilité et les propriétés physiques, chimiques, biologiques des sols. Pour la réaliser, outre la caractérisation morphologique et physico-chimique, la quantification des carbone et azote totaux des sols a été effectuée ; puis au niveau de chaque échantillon de sol, trois fractions granulométriques [(0-50  $\mu\text{m}$ ), (50-200  $\mu\text{m}$ ), (200-2000  $\mu\text{m}$ )] ont été séparées et leurs teneurs respectives en carbone et azote déterminées. L'activité minéralisatrice des microorganismes a été appréhendée à travers la détermination de l'azote minéral, par distillation et de l'azote minéralisable par la méthode de Waring et Bremner. Les échantillons de sol ont également été incubés pour mesurer la respiration du sol ( $\text{CO}_2$  dégagé) tandis que le taux de carbone de la biomasse microbienne a été obtenu par la technique de fumigation (par le chloroforme) - incubation. Les résultats montrent que les sols considérés contiennent peu de carbone et azote totaux comparativement aux sols des autres régions du pays. La distribution granulométrique du carbone et de l'azote indique que les fractions argilo-limoneuses (0-50  $\mu\text{m}$ ) détiennent les plus grandes quantités de ces variables. Les rapports C/N y sont plus faibles, proches de ceux du sol brut. En revanche, les valeurs les plus élevées sont celles de la matière organique associée aux fractions grossières [(50-200  $\mu\text{m}$ ), (200-2000  $\mu\text{m}$ )]. Par ailleurs, pour toutes les unités de sol, les coefficients d'enrichissement en carbone ( $E_c$ ) et en azote ( $E_n$ ) sont plus élevés dans la fraction (0-50  $\mu\text{m}$ ) que ceux des fractions sableuses. Le cumul de  $\text{C.CO}_2$  dégagé et le taux de minéralisation du carbone au bout de 31 jours d'incubation des échantillons de sol non fumigés sont plus élevés que ceux obtenus avec les échantillons fumigés. Les sols bruns subarides à pseudogley possèdent les plus fortes valeurs de ces paramètres. Le taux moyen de carbone de la biomasse microbienne est supérieur à 100 mg C  $\text{kg}^{-1}$  sol et représente 3 à 4 % du carbone total ; les quantités d'azote minéralisable et minéral étant plus fortement dépendantes des unités de sol. Nos résultats ont aussi montré que la teneur en carbone de la fraction (0-50  $\mu\text{m}$ ) influence favorablement la somme des bases échangeables, la capacité d'échange cationique et dépend des

quantités d'argile et de la somme argile + limons totaux (A+LT). Les teneurs en carbone et en azote des fractions sableuses [(50-200  $\mu\text{m}$ ) ; (200-2000  $\mu\text{m}$ )] sont plutôt positivement corrélées avec les cumuls de C-CO<sub>2</sub> dégagé pour le premier paramètre et avec le potentiel de minéralisation de l'azote pour le second paramètre. Cette étude met ainsi en évidence l'existence dans les sols étudiés de pools de matière organique qui ont des fonctions et dynamiques différentes, selon leur taille et degré de décomposition. Elle révèle aussi l'importance des facteurs tels que la texture et l'humidité du sol sur les processus d'évolution de la matière organique des sols de la région.

Elle suggère, enfin, l'intensification de la pratique du parage des animaux dans les champs et celle des fosses fumières pour relever le taux de matière organique des sols cultivés et accroître les rendements des cultures.

#### Mots clés

Sol, matière organique, activité biologique, sahel, Burkina Faso.

#### SUMMARY

##### SOIL ORGANIC MATTER STATUS IN THE SAHELIAN REGION OF BURKINA FASO

The paper deals with soil organic matter (SOM) in three soils units characterised in the French soil classification system (CPCS, 1967) as "sols brun rouge subarides" "sols bruns subarides à pseudogley" and "sols bruns subarides vertiques". In the world reference base for soil resources (WRB, 1998) these soils units are classified as Cambisols and Luvisols at the reference Group level. They are located in the Burkinabè sahelian region. Although this part is usually considered as a pastoralist zone, rainfed agriculture is also practised. The objectives of the study were firstly to increase knowledge of the characteristics of this main factor influencing soil fertility under natural conditions, secondly to point out the relationships between biological, chemical, physical soil properties and SOM. To achieve this, total carbon (C) and nitrogen (N) of ten soil samples originating from the surface horizon were analysed. Each sample was separated into three fractions according to the following particle sizes : (0-50  $\mu\text{m}$ ), (50-200  $\mu\text{m}$ ), (200-2000  $\mu\text{m}$ ). The amount of C and N associated with each fraction was measured. In order to understand microbial mineralization activity mineral N (NO<sub>3</sub> & NH<sub>4</sub>) and mineralizable N was assessed by distillation and by using the Waring and Bremner method. In addition, soil samples were incubated during 31 days for C mineralization measurement, while the microbial biomass of C was obtained through the use of the chloroform fumigation incubation technique. The results showed that the floristic composition as well as the soil distribution (table 1) differed from one site to another. Analytical data reported on table 2 revealed that sand constituted the main particle size of the studied soil samples. The pH was higher than 6.5, while the base saturation was higher than 75 % for all the samples. Total C and N of the whole soil didn't exceed 5g kg<sup>-1</sup> soil and 0,5g kg<sup>-1</sup> soil respectively (table 3). These amounts were lower than those of the soils located in other regions of Burkina Faso. The distribution of C & N in particle size fractions indicated that (0-50  $\mu\text{m}$ ) fraction held the highest quantities of C & N (fig.1 and 2). The C/N ratios of this compartment were low and similar to those of the whole soil. On the other hand, the highest values of this parameter were found in the coarse fractions [(50-200  $\mu\text{m}$ ) (200-2000  $\mu\text{m}$ )] (fig-3). Furthermore carbon (E<sub>c</sub>) and nitrogen (E<sub>n</sub>) enrichment factors were higher in (0-50  $\mu\text{m}$ ) fraction than those observed in sandy fractions (table 4). The cumulative C mineralization and C mineralization rates for unfumigated soil samples were higher than those issued from fumigated soil samples. The soil units with hydromorphic properties held the highest values of these parameters (table 5). The mean value of microbial biomass C was generally higher than 100 mg C kg<sup>-1</sup> soil and represented more than 3 % of total C ; while the amounts of mineralizable N and mineral N depended on soil units (table 5). The relationships between the distribution of C and N in the three particle size fractions (table 6) revealed that the total C was correlated with the C linked to (0-50  $\mu\text{m}$ ) fraction and with the total N. High correlations were also observed between total N and the N content of the particle size fractions. Furthermore, the amount of C in the silty clay fraction was correlated with CEC, exchangeable cations and clay contents whereas C/N ratios of (200-2000  $\mu\text{m}$ ) fraction had negative correlation with these soil properties (table 7). Concerning biological activity, the cumulative C mineralization was positively correlated with the C content of the sandy fractions (table 8). On the other hand, negative correlations were observed between the C mineralization rates and the amount of C in the silty - clay (0-50  $\mu\text{m}$ ) fraction (table 9). The correlation between this last parameter and the microbial biomass C was also negative. A positive correlation was found between the amount of N in the coarse sand fraction (200-2000  $\mu\text{m}$ ) and mineralizable N. These results suggest that pools of organic matter were present in the studied soils, differentiated by their size and degree of decomposition. Some pools were associated with the silty- clay fraction and favourably acted on chemical soil properties. Other pools held by the sandy fractions had an effect on biological activity. The study also pointed out the influence of texture and soil moisture regime on the evolution processes of SOM in the region. To improve crop yields, animals (cattle, sheep...) are suggested to be kept in the fields during the dry season in order to increase the content of SOM by organic manure.

#### Key-words

Soil organic matter, biological activity, Sahel, Burkina Faso.

**RESUMEN****ESTATUTO DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS SUELOS DE LA REGIÓN SUBSAHARIANA DEL BURKINA FASO**

El estudio trata de la materia orgánica del horizonte superior de los suelos pardos-rojizos subáridos, de los suelos pardos subáridos con *seudogley* y de los suelos pardos subáridos vérticos, bajo formación natural. En la base de referencia mundial para los recursos en suelos (WRB), estas unidades corresponden al nivel de los grupos de referencia de suelos, Cambisoles y Luvisoles. Están localizadas en la región subsahariana del Burkina Faso. Mientras se considera esta parte del país como una zona de pastoralismo, se practica también la agricultura de temporal de auto-subsistencia. El objetivo del estudio es aumentar los conocimientos sobre este importante componente edáfico cuyo efectos positivos sobre la productividad de los suelos fueron subrayados por numerosos autores. Busca también establecer para la zona concernida las relaciones entre esta factor de fertilidad y las propiedades físicas, químicas, biológicas de los suelos. Para realizarla, además de la caracterización morfológica y físico-química, se realizó la cuantificación de los carbono y nitrógeno totales; luego al nivel de cada muestra de suelo, se separaron tres fracciones granulométricas (0-50  $\mu\text{m}$ , 50-200  $\mu\text{m}$ , 200-2000  $\mu\text{m}$ ) y sus contenidos respectivos en carbono y nitrógeno determinados. Se comprende la actividad de mineralización de los microorganismos a través de la determinación del nitrógeno mineral por destilación, y del nitrógeno mineralizable por el método de Waring y Bremner. Las muestras de suelo fueron también incubadas para medir la respiración del suelo ( $\text{CO}_2$  producto) mientras que la tasa de carbono de la biomasa microbiana fue obtenida por la técnica de fumigación (por el cloroformo) - incubación. Los resultados muestran que los suelos considerados contienen poco de carbono y nitrógeno totales, comparativamente a los suelos de las otras regiones del país. La distribución granulométrica del carbono y del nitrógeno indica que las partículas arcillo-limosas (0-50  $\mu\text{m}$ ) tienen las más grandes cantidades de estas variables. Las relaciones C/N son más bajas, cerca de las del suelo bruto. En cambio, los valores más elevados son los de la materia orgánica asociada a las fracciones gruesas (50-200  $\mu\text{m}$ , 200-2000  $\mu\text{m}$ ). Por otra parte, para todas las unidades de suelo, los coeficientes de enriquecimiento en carbono ( $E_c$ ) y en nitrógeno ( $E_n$ ) son más elevados en la fracción (0-50  $\mu\text{m}$ ) que los de las fracciones arenosas. El cúmulo de C- $\text{CO}_2$  producto y la tasa de mineralización del carbono, a los 31 días de incubación, de las muestras de suelo no fumigadas es más elevado que lo obtenido con muestras fumigadas. Los suelos pardos subáridos con *seudogley* poseen los más elevados valores de estos parámetros. La tasa media de carbono de la biomasa microbiana es superior a 100 mg C.kg<sup>-1</sup> de suelo y representa 3 a 4 % del carbono total; las cantidades de nitrógeno mineralizable y mineral son más fuertemente dependientes de las unidades de suelo. Nuestros resultados mostraron también que el contenido en carbono de la fracción (0-50  $\mu\text{m}$ ) influye favorablemente la suma de los cationes intercambiables, la capacidad de intercambio catiónico y depende de las cantidades de arcilla y de la suma arcilla + limos totales (A + LT). Los contenidos en carbono y en nitrógeno de las fracciones arenosas (50-200  $\mu\text{m}$ , 200-2000  $\mu\text{m}$ ) son más bien positivamente correlacionados con los cúmulos de C- $\text{CO}_2$  producto para el primero parámetro y con el potencial de mineralización del nitrógeno para el segundo parámetro. Este estudio pone en evidencia la existencia en los suelos estudiados de conjuntos de materia orgánica que tienen funciones y dinámicas diferentes, según su tamaño y grado de descomposición. Revelan también la importancia de factores como la textura y la humedad del suelo sobre los procesos de evolución de la materia orgánica de los suelos de la región.

Sugiere en fin, la intensificación de la práctica de encerramiento de los animales en las parcelas y de los hoyos de estiércol para aumentar la cantidad de materia orgánica de los suelos cultivados y los rendimientos de los cultivos.

**Palabras clave**

Suelo, materia orgánica, actividad biológica, África subsahariana, Burkina Faso.

Le sahel burkinabè couvre la partie nord et nord-est du Burkina Faso. Sa superficie est estimée à 36 869 km<sup>2</sup>. Elle est généralement considérée comme une zone de pastoralisme. Toutefois l'agriculture vivrière d'autosubsistance constitue aussi une activité importante de la population sahélienne. Depuis la sécheresse de 1973, de nombreuses études sur les pâturages, les caractéristiques de la végétation, le cycle de l'eau et les processus de dégradation des terres ont été faites (Sicot, 1978; Toutain, et de Wispeleare 1978; Le Grand, 1979; Grouzis et Sicot, 1983; Grouzis 1979; Biaou *et al.*, 1999; Thiombiano, 2000). En revanche, à peine 4 % de cette région ont fait l'objet de couvertures pédologiques à des échelles plus détaillées que le 1/100 000<sup>e</sup> en vue d'une évaluation des aptitudes des terres pour l'agriculture. Les quelques données générales sur la matière organique des

sols (MOS) proviennent de ces travaux auxquels s'ajoutent ceux de Boulet (1968), de Boulet et Leprun (1969) et du Bureau National des Sols (Bunasols, 1981; 1989).

Selon Flaig (1971), Guggenberger *et al.*, (1994), la MOS inclut une variété de produits organiques hétérogènes souvent intimement liés aux composantes inorganiques du sol. Elle influence les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols; si bien que dans les systèmes d'évaluation des terres (FAO, 1976; 1983; 1985) elle est considérée comme un des attributs-clés des qualités de terre telles que la disponibilité des éléments nutritifs et la capacité de rétention des nutriments.

Au Burkina, les travaux sur la MOS ont plutôt concerné l'influence des systèmes de culture et des feux précoces sur la distribution granulométrique du carbone obtenue par fractionnement

physique (Bacyé, 1993 ; Sedogo, 1993 ; Pallo, 1998). Cette étude se justifie par les diverses actions entreprises au niveau national, pour assurer une gestion intégrée de la fertilité des sols et pour promouvoir, en particulier, une utilisation plus importante des amendements organiques par les producteurs. Elle vise à pallier l'insuffisance de données sur la MOS sous formation naturelle mais aussi à établir pour la zone concernée, les relations entre ses caractéristiques et les propriétés physiques et chimiques des sols. Elle a été réalisée sur des aires sous protection intégrale depuis au moins une vingtaine d'année. En plus de l'analyse des fractions organiques, un accent particulier est porté sur l'activité minéralisatrice des microorganismes à travers la détermination du potentiel de minéralisation de l'azote, les mesures de la respiration du sol ( $\text{CO}_2$  dégagé) et du taux de carbone de la biomasse microbienne. Les résultats sont comparés à ceux des sols des autres régions du Burkina.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Cadre géographique

Les trois sites étudiés sont localisés dans la région nord du Burkina Faso dans le village de Sambonaye ( $13^{\circ}8'40''\text{N}$  et  $0^{\circ}2'49''\text{E}$ ) à une quinzaine de kilomètres de Dori, chef lieu de la Province du Seno.

Le climat est du type sahélien (Guinko, 1984) marqué par une courte saison des pluies de Juin à Septembre. La pluviométrie interannuelle présente des variations très importantes : 259 mm en 1987 et 599 mm l'année suivante. Pour la période 1972 - 2002, sa valeur moyenne est de 445,9 mm ; celle de la température moyenne annuelle de  $29,6^{\circ}\text{C}$ .

Les formations végétales appartiennent au domaine phytogéographique sahélien, plus spécialement au secteur sahélien (Guinko, op. cit). Sur les sites, les principales espèces ligneuses sont : *Acacia raddiana* Savi, *Balanitès aegyptiaca* (L.) Del, *Acacia senegal* (L.) Willd, *Combretum aculaetum* Vent, *Acacia seyal* Del. La strate herbacée, dense pendant la saison pluvieuse, est constituée de : *Cassia tora* Linn., *Cenchrus biflorus* Roxb, *Panicum laetum* Kunth., *Dactyloctenium aegyptium* (Linn.) P. Beauv.

La composition floristique de chaque site est consignée dans le *tableau 1*. Du fait de leur protection intégrale depuis 1980, leur végétation constitue de véritables bosquets qui tranchent avec les paysages environnants.

Ces sites sont localisés sur des glacis à pente imperceptible (0-1 %). Le substratum géologique est formé de granites et migmatites (Hottin et Ouédraogo, 1992). Dans le sahel burkinabè, les sols dominants sont les sols isohumiques, les sols à sesquioxides de fer et de manganèse et les sols sodiques (Pallo, 1996). Ceux qui se développent sur les trois sites appartiennent plutôt à la classe des sols isohumiques. Leur répartition en fonction des sites ainsi

que le nombre de profils étudiés et leur classification sont reportés au *tableau 1*. Les caractères morphologiques et les propriétés physico-chimiques de ces sols figurent dans des travaux antérieurs (Pallo, 1999).

### Matériels

Dix échantillons de sol ont été étudiés. Ils proviennent de l'horizon supérieur ( $0-15 \pm 4\text{cm}$ ) des unités de sol indiquées sur le *tableau 1*. Ils ont été prélevés en début septembre, période correspondant déjà à la fin de la saison des pluies dans cette région. Quelques caractéristiques physiques et chimiques de ces échantillons se trouvent sur le *tableau 2*. Il en ressort que les sables totaux constituent la principale classe granulométrique. Le pH et le taux de saturation du complexe adsorbant sont en général supérieurs à 6,5 pour le premier et à 75 % pour le second paramètre.

### Méthodes d'analyses physiques et chimiques

Les propriétés physico-chimiques des échantillons de sol ont été déterminées sur la terre fine ( $\text{Ø} < 2\text{mm}$ ). La méthode internationale par pipetage à la pipette robinson (Bunasons, 1987) a été employée pour la granulométrie. Cinq classes granulométriques ont été séparées : argiles ( $0-2 \mu\text{m}$ ) ; limons fins ( $2-20 \mu\text{m}$ ) ; limons grossiers ( $20-50 \mu\text{m}$ ) ; sables fins ( $50-200 \mu\text{m}$ ) sables grossiers ( $200-2000 \mu\text{m}$ ). Les mesures du pH ont été pratiquées dans une suspension de sol dans l'eau et dans une solution normale de Chlorure de Potassium (KCl), à l'aide d'un pH mètre muni d'électrodes en verre. Le rapport 2/5 a été appliqué. La procédure pour la détermination de la capacité d'échange cationique (CEC) est celle basée sur une extraction avec l'argent thiouré (Ag Tu) (mélange de nitrate d'argent et de Thiouré) à 0,01 M (Bunasons, 1987). Elle a permis de déterminer en même temps les bases échangeables. Ainsi après agitation de l'échantillon de sol dans la solution Ag Tu et filtration,  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  ont été déterminés à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (ASS) ;  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$  avec un photomètre à flamme.

### Caractérisation de la matière organique

Outre la détermination du carbone total, de l'azote total respectivement par la méthode de Walkley et Black (1934) et par celle de Kjeldahl (Bremner, 1965), la matière organique a fait l'objet d'un fractionnement granulométrique sur sol tamisé à 2mm, selon la méthode décrite par Feller (1979). Elle est basée sur un fractionnement du sol par tamisages successifs à sec et sous eau. Pour les fractions retenues ici, seuls les tamisages sous eau ont été effectués. Afin de réduire le risque de transfert artificiel de carbone des débris végétaux des fractions grossières ( $\text{Ø} > 50 \mu\text{m}$ ) aux fractions fines ( $\text{Ø} < 2 \mu\text{m}$ ), souligné par Balesdent *et al.*, (1991), l'énergie ultrasonique n'a pas été appliquée lors du fractionnement. Les teneurs en carbone et en azote des fractions suivantes ont été déterminées :

**Tableau 1** - Composition floristique et répartition des sols dans les trois sites.**Table 1** - Flora composition and soils distribution in the three sites.

Site	Composition floristique (*)	N° Profil de sol / N°échantillon	Classification française (CPCS, 1967)	Classification selon la base de référence mondiale pour les ressources en sols (FAO, 1998)
1	Ar ; As ; Ba ; Ca ; Bs ; Ct ; Et	SBY11/1	Sol brun rouge subaride	Cambisols abrupti-hypereutriques
		SBY12/2		Luvisols abrupti-ferriques
		SBY13/3		
		SBY14/4	Sol brun subaride à pseudogley	Luvisols hypereutri-gleyiques
		SBY15/5		
2	Ar ; As ; Ba ; Ca ; Ct ; Da ; Pl ; Sp	SBY21/6	Sol brun rouge subaride	Luvisols abrupti-hypereutriques
3	As1 ; As ; Ma ; Bs ; Ct ; Cb	SBY31/7	Sol brun subaride vertique	Cambisols hypereutri - vertiques abruptiques
		SBY32/8		
		SBY33/9		
		SBY34/10	Sol brun subaride à pseudogley	Luvisols abrupti-gleyiques

(\*) Composition floristique :

Ar = *Acacia raddiana* Savi ; As = *Acacia seyal* Del ; Ba = *Balanites aegyptiaca* (L) Del ; Ca = *Combretum aculeatum* Vent :Bs = *Borreria stachydea* (D.c) Hutch et Dalz ; Ct = *Cassia tora* lim ; Et = *Eragrostis tremula* Hochst ex Steud.Da = *Dactyloctenium aegyptium* (Linn) P. Beauv. ; Pl = *Panicum laetum* Kunth ; Sp = *Setaria pallidifusca*(Schumacher) Stapf et C.E. Hubbard ; As1 = *Acacia senegal* (L) Willd ; Ma = *Maerua angustifolia* forsk ; Cb = *Cenchrus biflorus* Roxb.**Tableau 2** - Quelques caractéristiques des échantillons de sol étudiés.**Table 2** - Some characteristics of the studied soil samples.

Type de sol	N° Echant.	M.O Totale %	Granulométrie			pH		Complexe adsorbant		
			A	LT	ST	Eau	KCl	S	CEC	S/CEC
Sols brun rouge subarides (1)	1	0,72	15,00	11,45	73,55	6,92	5,04	4,10	4,53	91
	2	0,42	12,50	10,20	77,30	7,02	5,09	2,85	3,20	89
	3	0,50	25,00	12,85	62,15	6,98	4,79	5,49	6,66	82
	6	0,97	20,00	11,35	68,65	6,92	5,10	5,04	5,90	85
Sols bruns subarides à pseudogley. (2)	4	1,31	22,50	13,45	64,05	6,71	4,81	5,75	6,41	90
	5	0,65	20,00	12,35	67,65	6,76	5,18	5,73	5,82	98
	10	0,48	17,50	16,85	65,65	6,85	4,71	3,38	4,53	75
Sols bruns subarides vertiques (3)	7	0,41	12,50	3,45	84,05	6,60	4,69	2,91	3,57	82
	8	0,48	40,00	6,45	53,55	8,00	6,56	17,78	16,97	Sat.
	9	0,82	32,50	10,40	57,10	7,57	5,20	9,51	11,18	85

M.O : Matière organique ; A : argiles ( $\phi < 2\mu\text{m}$ ) ; LT : limons totaux (2 - 50 $\mu\text{m}$ ) ; ST : sables totaux (50 - 2 000  $\mu\text{m}$ ) ;S = somme des bases échangeables ( $\text{Cmol}^{\cdot}\cdot\text{kg}^{-1}$  de sol) ; CEC : Capacité d'échange cationique ( $\text{Cmol}^{\cdot}\cdot\text{kg}^{-1}$  de sol) ; S/CEC = taux de saturation (%).

- Fraction argilo-limoneuse [0-50 µm] ou organo-minérale (FOM),
- Fraction organique associée aux sables fins [50-200 µm] ou F50,
- Fraction organique associée aux sables grossiers [200-2000 µm] ou F200.

Les coefficients d'enrichissement en carbone ( $E_c$ ) et en azote ( $E_n$ ) de chaque fraction ont été calculés selon les formules ci-après (Christensen, 2001) :

$$E_c = \frac{mg\ C\ g^{-1}\ fraction}{mg\ C\ g^{-1}\ du\ sol\ non\ fractionné}$$

$$E_n = \frac{mg\ N\ g^{-1}\ fraction}{mg\ N\ g^{-1}\ du\ sol\ non\ fractionné}$$

Ils visent à éliminer les effets des différences liées au taux de MO du sol brut non fractionné et à permettre la comparaison des concentrations de MO dans les trois fractions.

### Evaluation du potentiel de minéralisation de l'azote et dosage de l'azote minéral (Ammonium et Nitrates)

Les mesures ont été réalisées au laboratoire sur des échantillons de sol prélevés et conservés dans des glacières afin de les maintenir à des températures adéquates (+ 4°C ou + 6°C) pour l'analyse de ces paramètres (Mathieu et Pieltain, 2003). L'azote minéralisable a été évalué en appliquant la méthode dite de Waring et Bremner (Rowell, 1994). Les dosages de l'azote ammoniacal et des nitrates ont été effectués par distillation selon des modes opératoires décrits en détail par Mathieu et Pieltain (l.c).

### Dosage du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dégagé

Le CO<sub>2</sub> dégagé a été mesuré en utilisant la méthode décrite par Dommergues (1960). L'incubation a duré 31 jours. Les mesures ont été effectuées journalièrement pendant une semaine puis tous les deux jours jusqu'au 31<sup>e</sup> jour.

Le taux de minéralisation du carbone labile (TML) a été calculé en appliquant la formule suivante (Mallouhi et Jacquin, 1985) :

$$TML = \frac{TMG\ échantillon\ fumigé - TMG\ échantillon\ non\ fumigé}{\text{avec } TMG = \text{Taux de minéralisation globale du carbone}}$$

### Détermination du carbone de la biomasse microbienne

Elle a été effectuée selon la méthode de Jenkinson et Powlson (1976) à partir d'échantillons de sol fumigés (F) et non fumigés (NF). La fumigation consiste après homogénéisation de l'échantillon de sol, à en déposer 100 g dans un dessiccateur contenant du chloroforme débarrassé de l'éthanol par plusieurs lavages à l'eau. À l'aide d'une pompe à vide, on crée un vide dans le dessiccateur en vue de saturer l'atmosphère par les vapeurs de chloroforme. Après 24 heures de fumigation celles-ci sont évacuées en effectuant 4 à 5 vides successifs. Les sols fumigés et les contrôles sont mis à incuber à la température de 30°C et des échantillons sont prélevés

après 7 et 14 jours pour être dosés. La quantité de carbone de la biomasse microbienne (CBM) est obtenue par la formule :

$$CBM = [F(0-7) - nF(7-14)] / kc$$

Où : kc = coefficient de proportionnalité représentant la fraction minéralisable en CO<sub>2</sub> du carbone de la biomasse est égal à 0,41 (Anderson et Domsch, 1978 ; Chaussod *et al.*, 1986) ; F (0-7) représente le C-CO<sub>2</sub> dégagé pour l'échantillon de sol fumigé entre 0-7 jours et nF (7-14), le C-CO<sub>2</sub> dégagé pour l'échantillon de sol non fumigé entre 7-14 jours.

### Analyses des données

Elles ont consisté principalement à déterminer par le test de Spearman, les coefficients de corrélation de rangs entre les différents paramètres indiqués ci-dessus, pris deux à deux. Ils ont été calculés en utilisant le logiciel Minitab pour Window - version 13-31 et appréciés aux probabilités suivantes : p < 0,05 (significatif :\*) p < 0,01 (hautement significatif : \*\*) ; p < 0,001 (très hautement significatif :\*\*\*). L'écartype a été calculé sur les valeurs moyennes des résultats analytiques.

## RÉSULTATS

### Caractères généraux de la matière organique

Ils sont consignés sur les *tableaux 2 et 3*. Exprimées en g kg<sup>-1</sup> sol brut (sol non fractionné), les teneurs moyennes en carbone et azote totaux sont inférieures à 5 g C et à 0,5 g N dans les trois unités de sol. Le rapport C. total/N. total n'excède pas 14. En moyenne il est de l'ordre de 10 et sa valeur maximale (13,17) est observée dans l'échantillon n° 9 issu d'un profil de sol brun subaride vertique.

### Caractéristiques du fractionnement granulométrique de la matière organique

La séparation en trois fractions ([0-50 µm] ; [50-200 µm] ; [200-2000 µm]) a entraîné des pertes. Néanmoins les taux de récupération en masse de sol sont pour tous les échantillons supérieurs à 98,5 %. Ils s'élèvent en moyenne à 95,6 % pour le carbone et à 97,6 % pour l'azote. Ainsi, il ressort des caractéristiques du fractionnement granulométrique de la matière organique des sols étudiés (*tableau 3*), les points suivants :

### Distribution granulométrique du carbone ( C )

- Le taux moyen de carbone lié à la fraction argilo-limoneuse (0-50 µm) représente au moins 60 % de la somme des taux de carbone des trois fractions dans chacune des unités de sol étudiées. Les teneurs moyennes, exprimées en g kg<sup>-1</sup> de sol ou de fraction varient peu d'une unité de sol à l'autre ; les sols bruns subarides à pseudogley (unité de sol 2) ayant

**Tableau 3** - Caractéristiques du fractionnement granulométrique de la matière organique des sols étudiés.**Table 3** - The distribution of C and N in the three particles size fractions.

Unité de sol		Sols brun rouge subarides				Sols bruns subarides à pseudogley			Sols bruns subarides vertiques		
Echantillons		1	2	3	6	4	5	10	7	8	9
<b>C A R B O N E (C)</b>	C. total g kg <sup>-1</sup> sol nf	4,14	2,42	2,90	5,60	7,60	3,80	2,81	2,40	2,80	4,75
		3,76 ± 1,42				4,73 ± 2,53			3,31 ± 1,25		
	C. total g kg <sup>-1</sup> sol (1)	3,89	2,27	3,03	5,51	7,22	3,60	2,65	2,30	2,75	4,61
		3,67 ± 1,39				4,49 ± 2,41			3,22 ± 1,22		
	CF [ 0-50 ] g kg <sup>-1</sup> sol	2,28	1,49	2,59	3,35	4,21	2,26	1,63	1,36	2,31	4,04
		2,43 ± 0,77				2,7 ± 1,34			2,57 ± 1,36		
	CF [ 0-50 ] g kg <sup>-1</sup> fraction	8,07	7,99	6,45	9,51	10,71	7,54	7,55	8,49	4,71	9,62
		8,00 ± 1,25				8,6 ± 1,83			7,6 ± 2,57		
	CF [ 50 – 200 ] g kg <sup>-1</sup> sol	0,47	0,30	0,26	1,16	1,13	0,46	0,42	0,60	0,34	0,31
		0,547 ± 0,41				0,67 ± 0,39			0,41 ± 0,16		
CF [ 50 – 200 ] g kg <sup>-1</sup> fraction	1,21	0,66	0,79	2,75	3,04	1,11	0,91	1,36	1,25	1,00	
	1,35 ± 0,96				1,68 ± 1,17			1,2 ± 0,18			
CF [ 200 – 2000 ] g kg <sup>-1</sup> sol	1,14	0,48	0,18	1,00	1,88	0,88	0,60	0,34	0,10	0,26	
	0,7 ± 0,44				1,12 ± 0,67			0,23 ± 0,12			
CF [ 200 – 2000 ] g kg <sup>-1</sup> fraction	3,45	1,34	0,67	4,42	7,98	3,06	1,87	0,85	0,42	0,96	
	2,47 ± 1,76				4,3 ± 3,24			0,74 ± 0,28			
<b>A Z O T E (N)</b>	N. total g kg <sup>-1</sup> sol nf	0,41	0,23	0,29	0,62	0,59	0,35	0,29	0,25	0,28	0,34
		0,38 ± 0,17				0,41 ± 0,16			0,29 ± 0,04		
	N. total g kg <sup>-1</sup> sol (2)	0,39	0,22	0,27	0,58	0,60	0,37	0,27	0,23	0,29	0,35
		0,36 ± 0,16				0,41 ± 0,17			0,29 ± 0,06		
	NF [ 0-50 ] g kg <sup>-1</sup> sol	0,27	0,16	0,24	0,41	0,40	0,26	0,19	0,18	0,25	0,30
		0,27 ± 0,1				0,28 ± 0,1			0,24 ± 0,06		
	NF [ 0-50 ] g kg <sup>-1</sup> fraction	0,95	0,85	0,60	1,16	1,02	0,87	0,88	1,12	0,51	0,71
		0,89 ± 0,23				0,92 ± 0,08			0,78 ± 0,31		
NF [ 50 - 200 ] g kg <sup>-1</sup> sol	0,05	0,03	0,01	0,09	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	
	0,04 ± 0,03				0,05 ± 0,02			0,78 ± 0,005			
NF [ 50 - 200 ] g kg <sup>-1</sup> fraction	0,13	0,07	0,03	0,21	0,21	0,12	0,08	0,07	0,11	0,06	
	0,10 ± 0,08				0,13 ± 0,06			0,08 ± 0,02			
NF [ 200 – 2000 ] g kg <sup>-1</sup> sol	0,070	0,03	0,02	0,08	0,12	0,06	0,04	0,02	0,01	0,03	
	0,05 ± 0,03				0,07 ± 0,04			0,02 ± 0,01			
NF [ 200 – 2000 ] g kg <sup>-1</sup> fraction	0,21	0,08	0,05	0,35	0,51	0,21	0,12	0,05	0,04	0,11	
	0,17 ± 0,13				0,28 ± 0,2			0,06 ± 0,03			
C. total/N. total (3)		9,97	10,32	11,22	9,50	12,03	9,73	9,81	10,00	9,48	13,17
		10,25 ± 0,73				10,52 ± 1,30			10,88 ± 1,99		
C/N F [ 0 – 50 ]		8,44	9,31	10,79	8,17	10,52	8,69	8,58	7,55	9,24	13,47
		9,17 ± 1,18				9,26 ± 1,08			10,08 ± 3,04		
C/N F [ 50 – 200 ]		9,40	10,00	26,00	12,89	14,12	9,20	10,50	20,00	11,33	15,50
		14,57 ± 7,78				11,27 ± 2,55			15,61 ± 4,33		
C/N F [ 200 – 2000 ]		16,28	16,00	9,00	12,50	15,67	14,67	15,00	17,00	10,00	8,07
		13,44 ± 3,42				15,11 ± 0,51			11,69 ± 4,70		

(\*) nf = non fractionné

(1) Somme des teneurs en carbone des fractions exprimées en g par kg de sol

(2) Somme des teneurs en azote des fractions exprimées en g par kg de sol

(3) Rapport (1)/(2)

les valeurs les plus élevées : 2,7 g kg<sup>-1</sup> de sol ; soit 8,6g kg<sup>-1</sup> de fraction.

- Quant au carbone associé à la fraction "sables fins" (50-200 µm), sa moyenne, exprimée en g kg<sup>-1</sup> de fraction fluctue entre 1,2 g (unité de sol 3) et 1,68 g (unité de sol 2) ; ce qui correspond à 0,41g et 0,55g kg<sup>-1</sup> de sol. Il constitue 13,7 % (unité de sol 1), 14,8 % (unité de sol 2) et 15,1 % (unité de sol 3) de la somme des taux de carbone des trois fractions.

- La fraction "sables grossiers" (200-2000 µm) détient dans les unités de sol respectives 18,6 %, 24,3 % et 8 % de la somme des taux de carbone des fractions considérées. La plus forte teneur moyenne en carbone associée à cette fraction est celle des sols bruns subarides à pseudogley (4,3 g kg<sup>-1</sup> de fraction) ; la plus faible étant observée au niveau des sols bruns subarides vertiques (0,74 g kg<sup>-1</sup> de fraction).

- Ainsi, les plus fortes teneurs en carbone total (tableau 3) des sols bruns subarides à pseudogley (unité de sol 2) se traduisent, en moyenne, par des taux de carbone associés aux fractions également plus élevés, comparativement aux valeurs obtenues dans les deux autres unités de sol. Ces variations, illustrées par la figure 1, montrent aussi que la fraction « sables fins » est celle qui contient le moins de carbone dans les unités de sol 1 et 2.

#### Distribution granulométrique de l'azote (N)

Elle est similaire à celle du carbone (figure 2). Toutefois, les taux moyens d'azote des différentes fractions sont plus faibles que ceux du carbone, comme indiqué sur le tableau 3. Pour la fraction argilo-limoneuse (0-50 µm), les taux d'azote représentent 74,5 %, 69,1 % et 83,4 % de la somme des teneurs en azote en g kg<sup>-1</sup> de sol dans les unités de sol 1, 2, 3. Au niveau de la fraction (50-200 µm), ces

pourcentages sont 11,4 %, 13,9 % et 9,7 % ; contre 13,2 %, 17,0 % et 6,9 % pour la fraction (200-2000 µm).

#### Rapports C/N de la matière organique des fractions granulométriques

Les rapports C/N de la matière organique associée aux particules argilo-limoneuses ( $\varnothing < 50 \mu\text{m}$ ), aux sables fins (50 - 200 µm) et aux sables grossiers (200 - 2000 µm), lorsque C et N sont exprimés en g kg<sup>-1</sup> sol sont reportés sur le tableau 3. La figure 3 illustre les variations de ces rapports pour C et N exprimés en g kg<sup>-1</sup> fraction. Dans ce dernier cas, la moyenne de C/N F [0-50 µm] se chiffre à 9,22 ; 9,25 et 10,12 dans les unités de sol 1, 2 et 3. Celle de C/N F [50 - 200 µm] atteint respectivement 14,54 ; 11,69 et 15,81 contre 14,80 ; 15,26 et 12,07 pour C/N [200 - 2000 µm].

L'ensemble de ces données révèle, ainsi que les rapports C/N augmentent de la fraction fine aux fractions sableuses.

#### Coefficients d'enrichissement en carbone (E<sub>C</sub>) et en azote (E<sub>N</sub>) des fractions

- Le coefficient d'enrichissement en carbone (E<sub>C</sub>) moyen (tableau 4) oscille entre 2 et 2,4 dans la fraction (0-50 µm). Il n'exécède pas 0,5 et est compris entre 0,23 et 0,84 dans les fractions (50-200 µm) et (200-2000 µm). Les fractions argilo-limoneuse et sables grossiers des sols bruns subarides à pseudogley (unité de sol 2) ont respectivement le coefficient le plus bas (E<sub>C</sub> = 2,02) et le plus élevé (E<sub>C</sub> = 0,84). Le phénomène inverse est noté au niveau des sols bruns subarides vertiques (unité de sol 3). Ainsi, comme illustré sur la figure 4, quelque soit le type de sol, E<sub>C</sub> diminue de la fraction fine (0-50 µm) aux fractions sableuses (50-2000 µm).

Tableau 4 - Coefficients d'enrichissement en carbone (E<sub>C</sub>) et en azote (E<sub>N</sub>) des trois fractions.

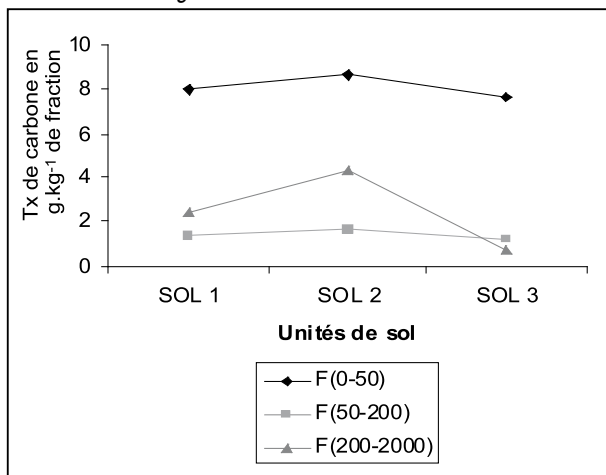
Table 4 - Carbon (E<sub>C</sub>) and Nitrogen (E<sub>N</sub>) enrichment factors for the three fractions.

Unité de sol		Sols brun rouge subarides				Sols bruns subarides à pseudogley			Sols bruns subarides vertiques		
Echantillons		1	2	3	6	4	5	10	7	8	9
E <sub>C</sub>	F[0-50]	1,949	3,301	2,224	1,69	1,409	1,984	2,686	3,537	1,682	2,025
		2,29 ± 0,71				2,02 ± 0,64			2,41 ± 0,98		
	F[50-200]	0,292	0,272	0,272	0,491	0,400	0,292	0,323	0,566	0,446	0,210
		0,33 ± 0,10				0,39 ± 0,05			0,41 ± 0,18		
	F[200-2000]	0,833	0,553	0,231	0,789	1,05	0,805	0,665	0,354	0,150	0,202
		0,60 ± 0,27				0,84 ± 0,19			0,23 ± 0,10		
E <sub>N</sub>	F[0-50]	2,317	3,695	2,068	1,870	1,728	2,485	3,034	4,480	1,821	2,088
		2,48 ± 0,82				2,41 ± 0,04			2,79 ± 1,46		
	F[50-200]	0,317	0,304	0,103	0,338	0,356	0,342	0,275	0,280	0,392	0,176
		0,26 ± 0,11				0,32 ± 0,04			0,28 ± 0,10		
	F[200-2000]	0,512	0,347	0,172	0,564	0,864	0,600	0,413	0,200	0,142	0,323
		0,40 ± 0,18				0,62 ± 0,22			0,22 ± 0,09		



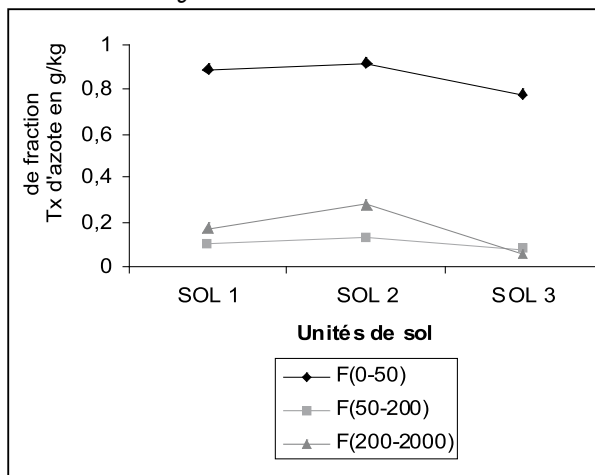
**Figure 1** - Variations des teneurs en carbone des fractions granulométriques en fonction des unités de sol.

**Figure 1** - Variations of carbon contents of particle size fractions according to soil units.



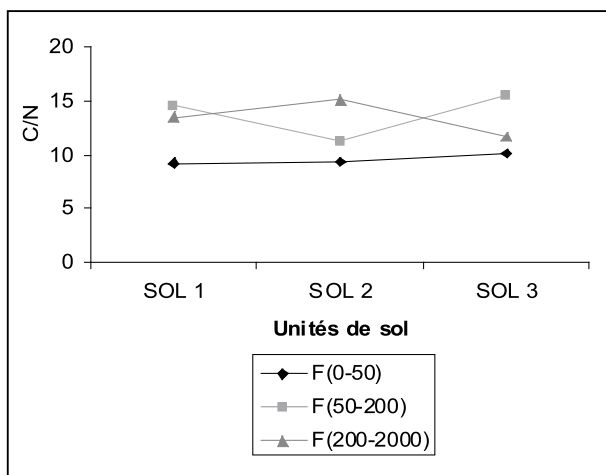
**Figure 2** - Variations de teneurs en azote des fractions granulométriques en fonction des unités de sol.

**Figure 2** - Variations of nitrogen contents of particle size fractions according to soil units.



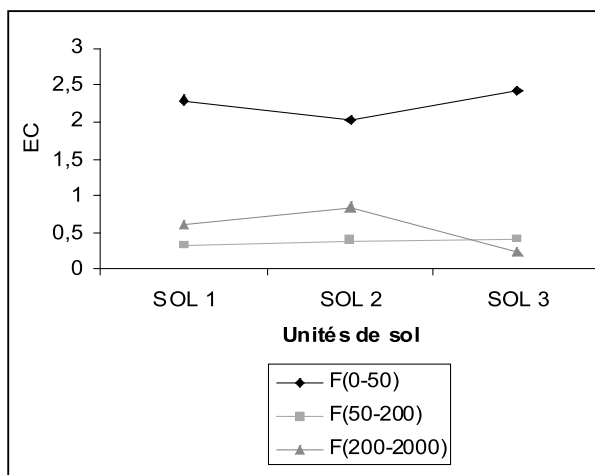
**Figure 3** - Rapports C/N des fractions en fonction des unités de sol.

**Figure 3** - C/N ratios of particle size fractions according to soil units.



**Figure 4** - Coefficients d'enrichissement en carbone (EC) des fractions.

**Figure 4** - Carbon enrichment factors (EC) for particle size fractions.



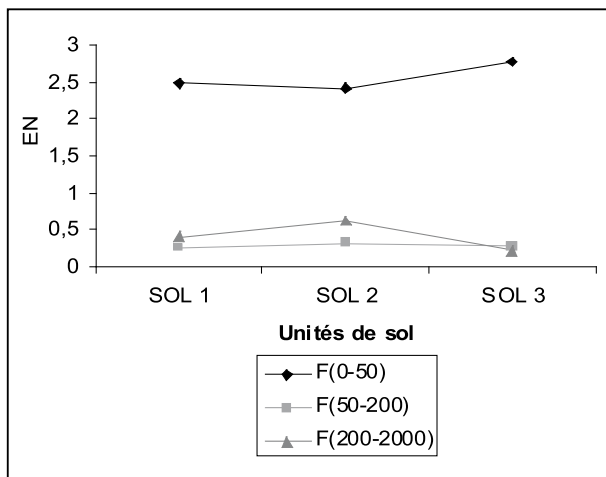
- Les variations des coefficients d'enrichissement en azote ( $E_N$ ) des fractions en fonction des unités de sol, sont similaires à celles en carbone (figure 5). Cependant, pour la fraction (0-50  $\mu\text{m}$ ),  $E_N$  est en général, plus élevé que  $E_C$ , ses valeurs étant comprises entre 2,41 et 2,79. Par contre, pour les deux autres fractions,  $E_N$  apparaît plus faible que  $E_C$  (tableau 4).

### Activité biologique globale et biomasse microbienne

La quantité de carbone minéralisé ( $\text{C-CO}_2$ ) varie en fonction du temps et selon que l'échantillon de sol soit fumigé ou non. Pour ceux qui ne sont pas traités, le cumul de  $\text{C-CO}_2$  dégagé au bout de 31 jours (tableau 5) s'élève en moyenne à 135,5  $\text{mg C kg}^{-1}$  sol dans l'unité de sol 1 ; à 243,1  $\text{mg C kg}^{-1}$  sol dans l'unité de sol 2 et à 105,1  $\text{mg C kg}^{-1}$  sol dans la troisième unité. Les taux de minéralisation globale (TMG) moyens ( $\text{C-CO}_2$  cumulé exprimé en % de C. total) correspondants sont 3,59 %, 6,06 % et 3,73 %. Pour les

**Figure 5** - Coefficients d'enrichissement en azote (EN) des fractions

**Figure 5** - Nitrogen enrichment factors (EN) for particle size fractions



échantillons de sol fumigés, le cumul de C-CO<sub>2</sub> dégagé après 31 jours d'incubation (*tableau 5*) s'établit à 122,0 mg C kg<sup>-1</sup> sol, 1 95,5 mg C kg<sup>-1</sup> sol et à 103,6 mg C kg<sup>-1</sup> sol dans les unités de sol 1, 2 et 3. Il s'en suit des TMG moyens de 3,40 %, 4,85 % et 3,58 %. Ceci conduit à un taux de minéralisation du carbone labile, négatif dès le 3<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> jour d'incubation pour les unités de sol 2, 3 et 1.

Les données concernant le carbone de la biomasse microbienne (CBM) sont consignées sur le *tableau 5*. Il en ressort que sa moyenne est de 111,4 mg C kg<sup>-1</sup> sol, 167,8 mg C kg<sup>-1</sup> sol et 119,8 mg C kg<sup>-1</sup> sol dans les unités de sol 1, 2, 3. Ces chiffres représentent respectivement 3,19 %, 4,00 % et 4,04 % du carbone total.

### Azote minéralisable et minéral

Comme l'indique le *tableau 5*, le taux moyen de l'azote minéralisable s'élève à 24,19 µg g<sup>-1</sup> sol pour l'unité de sol 1 ; à 28,77 µg g<sup>-1</sup> sol et à 9,14 µg g<sup>-1</sup> sol pour les unités 2 et 3. Les taux moyens des nitrates correspondant à ces unités de sol se montent à 19,09 µg g<sup>-1</sup>, 13,57 µg g<sup>-1</sup> sol et 6,78 µg g<sup>-1</sup> sol. Ceux de l'ammonium se chiffrent à 11,86 µg g<sup>-1</sup> sol, 13,64 µg g<sup>-1</sup> sol et 18,34 µg g<sup>-1</sup> sol.

De ce qui précède, il apparaît que les taux moyens de l'azote minéralisable varient beaucoup d'une unité de sol à l'autre. Les sols bruns subarides à pseudogley renferment le plus et les sols bruns subarides vertiques, le moins de N. minéralisable. Cette dernière unité de sol détient, par contre, en moyenne, le plus fort taux d'ammonium, les sols brun rouge subarides ayant le taux moyen de nitrates le plus élevé. En outre, les quantités moyennes de nitrates diminuent de l'unité de sol 1 à 2 et 3 ; alors que celle de l'ammonium, concomitamment augmentent.

### Analyse statistique des données

Les coefficients de corrélation de rang de Spearman ( $r$ ) consignés sur le *tableau 6* révèlent une corrélation positive entre le carbone total et l'azote total ( $r^{***}$ ). Il en est de même entre la première variable et le taux de carbone associé à la fraction (0-50 µm). Quant à la teneur en carbone de la fraction [50-200 µm], elle est corrélée avec celle de la fraction [200-2000 µm] ( $r^{**}$ ). L'azote total est mieux corrélé avec NF [0-50 µm] ( $r^{***}$ ) qu'avec NF [50-200 µm] ( $r^*$ ) et NF [200-2000 µm] ( $r^{**}$ ). En outre, une corrélation positive a été établie entre cette dernière variable et la teneur en azote des deux autres fractions. Elle est, cependant, plus étroite avec NF [50-200 µm] ( $r^{***}$ ). Par ailleurs, pour chaque fraction considérée, les teneurs en carbone et en azote sont fortement corrélées entre elles. En revanche aucune corrélation significative n'a été obtenue entre les rapports C/N des différentes fractions et leurs teneurs respectives en carbone et en azote. Il en est de même lorsque ces rapports sont pris deux à deux. Toutefois on note une corrélation positive entre le rapport C/N du sol et celui de la fraction [0-50 µm] ( $r^*$ ).

Concernant la distribution granulométrique du carbone et les propriétés physico-chimiques des sols (*tableau 7*), les corrélations positives sont celles qui lient la teneur en carbone de F [0-50 µm] et le taux d'argile ( $r^*$ ), la somme argiles + limons totaux (A+LT) ( $r^*$ ), la somme des bases échangeables ( $r^*$ ), la capacité d'échange cationique ( $r^{**}$ ). Ces paramètres physiques et chimiques sont négativement corrélés avec C/N F [200-2000 µm]. Une corrélation négative existe également entre CF [50-200 µm] et le pH eau ( $r^*$ ). Elle est positive entre C/N F [0-50 µm] et A+LT % ( $r^*$ ).

L'analyse statistique des données indique aussi (*tableau 8*) que le dégagement cumulé de C-CO<sub>2</sub> des échantillons de sol non fumigés est positivement corrélé avec les teneurs en C associées à F [50-200 µm] ( $r^{**}$ ) et F [200-200 µm] ( $r^*$ ). Les mêmes corrélations, plus étroites, sont observées au niveau des échantillons de sol fumigés. Par contre, aucune corrélation significative n'a été obtenue avec CF [0-50 µm]. Cette dernière variable a plutôt une corrélation négative avec le carbone de la biomasse microbienne exprimé en % de C. total ( $r^{**}$ ). Le taux de minéralisation global (TMG) du carbone ne présente aucune corrélation significative avec les teneurs en carbone des deux plus grosses fractions (*tableau 9*). Seule la teneur en carbone de F [0-50 µm] est négativement corrélée avec ce taux ; la corrélation étant plus étroite lorsque les échantillons de sol sont fumigés.

L'azote minéralisable est mieux corrélé avec NF [50-200 µm] ( $r^{***}$ ) qu'avec NF [200-2000] ( $r^{**}$ ) et N total ( $R^*$ ). Sa corrélation est plutôt négative avec C/N F [0-50 µm] ( $r^*$ ). Il en est de même entre ce rapport et l'azote ammoniacal ( $r^{**}$ ).

Enfin, diverses autres corrélations positives très hautement significatives ont été établies entre propriétés physiques et chimiques des sols. Il s'agit de celles qui lient la capacité d'échange cationique d'une part et la somme des bases échangeables ( $r^{***}$ ), le taux d'argiles ( $r^{***}$ ), la somme Argiles + Limons totaux ( $r^{***}$ ) d'autre part. S'y ajoutent les corrélations entre la somme des bases

**Tableau 5** - Caractéristiques biologiques et teneurs en azote minéral et minéralisable des échantillons de sol étudiés.  
**Table 5** - Biological characteristics and mineralizable and mineral content of the studied soil samples.

Unité de sol		Sols brun rouge subarides				Sols bruns subarides à pseudogley			Sols bruns subarides vertiques		
Echantillons		1	2	3	6	4	5	10	7	8	9
CBM (*)	mg kg <sup>-1</sup> de sol	101,7	110,0	97,3	136,8	192,9	168,3	142,2	146,6	106,8	106,1
		111,4 ± 17,5				167,8 ± 27,3			119,8 ± 23,18		
	% de C. total	2,45	4,54	3,35	2,44	2,54	4,42	5,06	6,10	3,81	2,23
		3,19 ± 0,99				4,0 ± 1,3			4,04 ± 1,94		
Cumul de CO <sub>2</sub> dégagé 31 jours mgC kg <sup>-1</sup> de sol	Echant. non fumigés	127,6	97,8	70,5	246,0	262,8	306,0	160,6	127,6	107,4	80,4
		135,5 ± 7,72				243,1 ± 7,46			105,1 ± 2,36		
	Echant. fumigés	118,2	101,0	83,1	185,7	223,0	226,6	137,0	113,8	104,7	92,4
		122,0 ± 4,48				195,5 ± 5,07			103,6 ± 1,07		
Taux de minéralisation globale %	Echant. non fumigés	3,28	4,31	2,33	4,46	3,64	8,50	6,06	5,55	3,90	1,74
		3,59 ± 0,99				6,06 ± 2,43			3,73 ± 1,91		
	Echant. fumigés	3,04	4,45	2,74	3,37	3,09	6,29	5,17	4,95	3,81	2,0
		3,40 ± 0,74				4,85 ± 1,62			3,58 ± 1,48		
N. minéralisable mg g <sup>-1</sup> de sol		32,52	8,40	2,54	53,30	31,27	29,68	25,38	13,63	8,02	5,79
		24,19 ± 23,34				28,77 ± 3,04			9,14 ± 4,03		
Ammonium mg g <sup>-1</sup> de sol		10,43	7,82	7,30	21,90	17,47	5,74	17,73	41,20	8,34	5,48
		11,86 ± 6,83				13,64 ± 6,84			18,34 ± 19,84		
Nitrates mg g <sup>-1</sup> de sol		25,46	20,37	15,27	15,27	20,37	10,18	10,18	5,09	10,18	5,09
		19,09 ± 4,87				13,57 ± 5,88			6,78 ± 2,93		

\* Teneurs en carbone de la biomasse microbienne

échangeables et le taux d'argiles (r\*\*\*), la somme Argiles + Limons totaux (r\*\*\*).

## DISCUSSION

Les sols étudiés, avec une teneur en matières organiques inférieure à 1 % peuvent être considérés comme très pauvres en M.O totale selon la synthèse réalisée par Boyadjev (1980). La teneur moyenne en cet élément est plus faible que celles des sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et concrétions, des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu à moyennement profonds et des sols bruns eutrophes tropicaux des régions centre et nord-ouest du pays. Nos travaux ont, en effet, révélé que l'horizon supérieur de ces sols renfermait en moyenne 1,29, 1,76 et 1,5 % de M.O totale.

Cette matière organique est plus associée aux particules argilo-limoneuses ( $\varnothing < 50 \mu\text{m}$ ) qu'aux sables (50-2000  $\mu\text{m}$ ). La même observation a été faite dans d'autres régions du Burkina Faso sur des sols ferrugineux tropicaux (Sedogo, 1993; Bacyé 1993, Pallo, 1998) mais aussi sur des sols tempérés (Anderson *et al.*, 1981; Gregorich *et al.*, 1988; Bonde *et al.*, 1992; Guggenberger *et al.*, 1994; Christensen, 1992; 2001).

Ainsi, bien que la texture de l'horizon supérieur des trois unités de sol étudiées soit plutôt grossière à moyenne, c'est la fraction argilo-limoneuse qui possède le coefficient d'enrichissement en carbone le plus élevé. Comme noté ailleurs par Christensen (2001), celui-ci baisse dans les fractions sableuses. Ces résultats confirment de nombreux travaux antérieurs sur les liens entre la matière organique et la fraction argileuse du sol (Jenkinson et Rayner, 1977; Elliott *et al.* 1980; Van Veen et Paul 1981; Tiessen et Stewart, 1983; Shang et Tiessen, 1997). Ceci se traduit ici par une accumulation du carbone dans la fraction inférieure à 50  $\mu\text{m}$ . On constate par ailleurs, que cette fraction a des effets bénéfiques sur la capacité d'échange cationique (CEC). Cette fonction de la matière organique des sols sur cette propriété chimique est couramment mentionnée dans la littérature (Nwinyi, 1973; Thompson *et al.*, 1989; Asadu *et al.*, 1997; Baldock et Nelson, 1999).

Concernant les deux autres fractions, on relève que leurs teneurs respectives en carbone associées à F [200-2000  $\mu\text{m}$ ] et F [50-200  $\mu\text{m}$ ] sont plus élevées dans les sols bruns subarides à pseudogley (unité de sol 2) que dans les sols brun rouge subarides (unité de sol 1) et dans les sols bruns subarides vertiques (unité de sol 3). Ceci est attribué au fait que cette unité 2 porte une végétation plus dense et plus riche en espèces végétales (herbacées notamment) d'une part et aux conditions d'hydromorphie qui y règnent

**Tableau 6** - Coefficients de corrélation de rang de Spearman entre les teneurs en carbone et en azote des fractions granulométriques.**Table 6** - Spearman's rank correlation between the distribution of C and N in particle size fractions.

	C Total	CF (0-50)	CF (50-200)	CF (200-2000)	N Total	NF (0-50)	NF (50-200)	NF (200-2000)
C Total g kg <sup>-1</sup> sol	1,00							
CF (0-50 µm) g kg <sup>-1</sup> sol	0,87 ***	1,00						
CF (50-200 µm) g kg <sup>-1</sup> sol	NS	NS	1,00					
CF (200-2000 µm) g kg <sup>-1</sup> sol	NS	NS	0,72 **	1,00				
N Total g kg <sup>-1</sup> sol	0,94 ***	0,74 *	0,54 *	0,66 *	1,00			
NF (0-50 µm) g kg <sup>-1</sup> sol	0,97 ***	0,84 **	NS	NS	0,95 ***	1,00		
NF (50-200 µm) g kg <sup>-1</sup> sol	NS	NS	0,85 **	0,88 ***	0,72 *	NS	1,00	
NF (200-2000 µm) g kg <sup>-1</sup> sol	0,69 *	NS	0,66 *	0,96 ***	0,77 **	0,66 *	0,86 ***	1,00

\*\*\* très hautement significatif

\*\* hautement significatif

\* significatif

NS non significatif

**Tableau 7** - Coefficients de corrélation de rang de Spearman entre les teneurs en carbone des fractions granulométriques [(0-50 µm), (50-200 µm)], du rapport C/N F (200-2000 µm) et quelques propriétés physiques et chimiques des sols.**Table 7** - Spearman's rank correlation between the distribution of C in particle size fractions [(0-50 µm); (50-200 µm)], C/N F (200-2000 µm) ratio and some physical and chemical soil properties.

	CF (0-50 µm)	CF (50-200 µm)	C/N F (200-2000 µm)
Argiles %	0,75 *	NS	- 0,87 ***
A+LT %	0,66 *	NS	- 0,83 **
pH eau	NS	- 0,67 *	NS
S	0,74 *	NS	- 0,71 *
CEC	0,78 **	NS	- 0,83 **

\*\*\* très hautement significatif

\*\* hautement significatif

\* significatif

NS non significatif

A+LT % = Argiles + Limons totaux en pour cent

S = Somme des bases échangeables en Cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup> de solCEC = Capacité d'échange cationique en Cmol<sup>+</sup>.kg<sup>-1</sup> de sol

**Tableau 8** - Coefficients de corrélation de rang de Spearman entre les teneurs en carbone des fractions granulométriques, le cumul de C-CO<sub>2</sub> dégagé des échantillons de sol non fumigés et fumigés, le carbone de la biomasse microbienne.

**Table 8** - Spearman's rank correlation between the distribution of C in particle size fractions, the cumulative C mineralization of unfumigated and fumigated soil samples, the microbial biomass C

	C - CO <sub>2</sub>	CF (0-50 µm)	CF (50- 200 µm)	CF (200- 2 000 µm)
Echantillon de sol non fumigés	1 <sup>er</sup> jour	NS	0,79 **	0,66 *
	7 <sup>e</sup> jour	NS	0,75 *	NS
	15 <sup>e</sup> jour	NS	0,79 **	0,72 *
	21 <sup>e</sup> jour	NS	0,79 **	0,72 *
	31 <sup>e</sup> jour	NS	0,79 **	0,75 *
Echantillons de sol fumigés	1 <sup>er</sup> jour	NS	0,83 **	0,75 *
	7 <sup>e</sup> jour	NS	0,80 **	0,80 **
	15 <sup>e</sup> jour	NS	0,80 **	0,80 **
	21 <sup>e</sup> jour	NS	0,79 **	0,75 *
	31 <sup>e</sup> jour	NS	0,78 **	0,78 **
C. Biomasse microbienne %	- 0,85 **	NS	NS	NS

\*\*\* très hautement significatif

\*\* hautement significatif

\* significatif

NS non significatif

d'autre part. A l'opposé les sols de l'unité 3 possèdent les valeurs les plus faibles des variables sus-citées. A l'exception de cette unité, dans les deux autres, la fraction [200-2000 µm] a en moyenne le plus fort coefficient d'enrichissement en carbone après celui de la fraction [0-50 µm].

Au niveau de l'azote (N) les sols étudiés en sont très pauvres (N total < 0,06 %) et sont comparables à 61 % des sols du Burkina Faso, étudiés entre 1960 et 1980 (Boyadgiev, 1980). Comme dans les sols ferrugineux tropicaux du centre du pays (Pallo *et al.*, 2000), il est concentré dans la fraction argilo-limoneuse. Le coefficient d'enrichissement en azote y est aussi plus élevé que dans les deux autres fractions. Les corrélations très étroites qui lient les teneurs en N des fractions et les taux respectifs de carbone font que les observations faites ci-dessus pour le carbone sont valables pour l'azote. Dans ces sols, ce sont davantage les teneurs en azote des fractions [50-200 µm] et [200-2000 µm] qui influencent favorablement la teneur en azote minéralisable que les quantités d'azote de F [0-50 µm].

En ce qui concerne les rapports C/N de la matière organique associée aux différentes fractions, de nombreux auteurs notent

**Tableau 9** - Coefficients de corrélation de rang de Spearman entre les teneurs en carbone des fractions granulométriques, et le taux de minéralisation global du carbone des échantillons de sol non fumigés et fumigés.

**Table 9** - Spearman's rank correlation between the distribution of C in particle size fractions and C mineralization rates of unfumigated and fumigated soil samples.

	C - CO <sub>2</sub>	CF (0-50 µm)	CF (50- 200 µm)	CF (200- 2000 µm)
Echantillon de sol non fumigés	1 <sup>er</sup> jour	NS	NS	NS
	7 <sup>e</sup> jour	- 0,67 *	NS	NS
	15 <sup>e</sup> jour	- 0,72 *	NS	NS
	21 <sup>e</sup> jour	- 0,69 *	NS	NS
	31 <sup>e</sup> jour	NS	NS	NS
Echantillons de sol fumigés	1 <sup>er</sup> jour	- 0,95 ***	NS	NS
	7 <sup>e</sup> jour	- 0,90 ***	NS	NS
	15 <sup>e</sup> jour	- 0,82 **	NS	NS
	21 <sup>e</sup> jour	- 0,72 *	NS	NS
	31 <sup>e</sup> jour	- 0,72 *	NS	NS
C. Biomasse microbienne %	- 0,85 **	NS	NS	NS

\*\*\* très hautement significatif

\*\* hautement significatif

\* significatif

NS non significatif

TMG = Taux de minéralisation global du carbone

qu'ils baissent avec la taille de ces dernières (Anderson *et al.*, 1981 ; Catroux et Schnitzer, 1987 ; Baldock *et al.*, 1992 ; Christensen, 2001). Cette diminution serait indicative d'une augmentation du degré d'humification des produits organiques (Guggenberger *et al.*, 1994) et d'un bon niveau de dispersion de l'échantillon. Elle serait aussi liée à une décroissance significative des phénols dérivés de la lignine des fractions grossières aux fractions fines (Amelung *et al.*, 1999). Nos résultats concordent globalement avec ces données. En effet les rapports C/N de la fraction (0-50 µm) sont généralement plus faibles que ceux de la matière organique qui se trouve dans les fractions sableuses. Ceci serait dû à la nature des M.O associées à cette fraction argilo-limoneuse : association de débris de parois végétales ou fongiques et de micro-agrégats organo-limoneux dans la fraction (2-20 µm), dominance des MO à caractère amorphe dans les fractions argileuses (Feller, 1995). Dans les sols ferrugineux tropicaux et dans les sols bruns eutrophes tropicaux des régions centre et nord-ouest, cette décroissance du rapport C/N de F [200-2000 µm] à F [0-50 µm] a été également observée.

Au niveau des paramètres pédobiologiques, malgré leur importance dans les processus de transformation de la matière organique des sols et de la libération des éléments nutritifs (Prévo, 1970 ; Jenkinson et Ladd, 1981 ; Garcia et Rice, 1994) peu de travaux leur ont été consacrés au Burkina. Ceux réalisés dans la zone d'étude, à quelques kilomètres de Sambonaye, font état d'une activité biologique globale qui varie en fonction des états de surface et de la profondeur des sols (Thiombiano et Dianou, 1999). Ces auteurs ont observé des liens étroits entre le dégagement de C-CO<sub>2</sub> et la teneur en matière organique totale. La présente étude permet de préciser que ce sont les fractions (50-200 µm) et (200-2000 µm) qui sont les plus actives du fait de la nature des M.O qu'elles contiennent. Ces dernières souvent désignées par matière macro-organique, ont, en effet, des C/N plus élevés et sont peu liées à la matière minérale du sol. Elles sont en conséquence sujettes à une plus rapide transformation par les microorganismes que les MO liées aux particules argilo-limoneuses, plus stables, à C/N plus faibles. Par ailleurs, on relève l'importance de l'humidité dans les processus de décomposition de la MO puisque les valeurs de tous les paramètres pédobiologiques étudiés ici, sont plus élevées dans les sols bruns subarides à pseudogley que dans les deux autres unités de sol. Par contre, leurs plus faibles valeurs se retrouvent dans les sols bruns subarides vertiques, généralement plus riches en argiles, lesquelles protègent la MO contre les attaques microbiennes comme souligné plus haut. La proportion du carbone stocké dans la biomasse microbienne, elle, se situe dans la fourchette de celles (2-5 % de C. total) indiquées par Duchaufour (1997).

## CONCLUSION

L'étude des caractéristiques de la matière organique des sols du sahel burkinabè montre que leur différence avec les sols des autres régions réside en leur plus faible quantité de M.O totale dans l'horizon de surface. Toutefois pour des raisons pédo-climatiques peu favorables au développement de la strate herbacée, principale pourvoyeuse de MO fraîche au sol, l'horizon supérieur des sols brun rouge subarides et des sols bruns subarides vertiques, contient, en général moins de MO totale que celui des sols bruns subarides à pseudogley. Quelle que soit l'unité de sol considérée, la M.O totale est répartie en pools ayant des fonctions différentes. Certains, constitués des MO associées à la fraction (0-50 µm), agissent sur la fertilité chimique des sols en accroissant notamment la capacité d'échange cationique et la somme des bases échangeables. D'autres sont formés par les MO associées aux fractions sableuses (50-2000 µm). Elles jouent un rôle important sur l'activité biologique globale, la biomasse microbienne, le potentiel de minéralisation de l'azote et par conséquent sur la libération des nutriments. La présence de ces pools de MO s'avère ainsi indispensable pour une meilleure productivité agricole des sols de la zone étudiée. Parmi les amendements organiques, l'utilisation de la paille est peu recommandée pour des raisons climatiques et de non-disponibilité

en quantité suffisante. Il en est de même des résidus de récolte (tiges et feuilles de mil), généralement utilisés comme matériaux de construction et /ou de fourrage pour l'alimentation du bétail en saison sèche. Le fumier apparaît alors plus approprié à cause d'une part de sa disponibilité (zone d'élevage) et d'autre part de son efficacité prouvée par des tests d'application dans les parcelles d'expérimentation du Centre de Recherches Environnementales et Agricoles de cette région et ailleurs (Feller, 1995). Il s'en suit la nécessité d'intensifier la pratique du parcage des animaux dans les champs et celle des fosses fumières pour améliorer la fertilité des sols et accroître les rendements des récoltes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Amelung W., Flach K.W. et Zech W., 1999 - Lignin in particle size fractions of native grassland soils as influenced by climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63 : pp.1222-1228.
- Anderson J.P.E et Domsch K.H., 1978 - Mineralization of bacteria and fungi in chloroform fumigated soils. *Soil Biol. Biochem.* 10 : pp. 207-213
- 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 sulphur. *Soil Sci. Soc Am J.* 45 : pp. 767-772.
- Asadu C.L.A., Diels J., et Vanlauwe B., 1997 - A comparison of the contributions of clay, silt, and organic matter to the effective CEC of soils of sub saharan Africa. *Soil Science* 162 (11) : 785-794.
- Bacýé B., 1993 - influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et mineral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse Doctorat, Univ. Aix Marseille III, France. 243 p.
- Baldock J.A. et Nelson P.N., 1999 - Soil organic matter pp 25-84 *In* : Malcom E. Sumner (ed). *Hand book of Soil Science*. CRC Press.
- Baldock J.A., Oadès J.M., Waters A.G., Peng X., Vassallo M.A et Wilson M.A., 1992 -- Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid - state <sup>13</sup>CNMR spectroscopy. *Biogeochemistry*, 16 : pp. 1-45.
- Balesdent J., Petraud J.P. et Feller C., 1991 - Effets des ultrasons sur la distribution granulométrique des matières organiques des sols. *Science du sol* 29 : pp. 95-106.
- Biaou A.C., Casenave A., Delhoume J. P., Gathelier R., Thiombiano L. et Ribolzi O., 1999 - Erosion hydrique et transfert de solutés en milieu sahelien. Etude des processus à l'échelle d'un petit bassin versant au nord du Burkina Faso. *Sud Sciences et Technologies*, n°4 : pp.18-28
- Bonde T.A., Christensen B.T. et Cerri C.C., 1992 - Dynamics of soil organic matter as reflected by natural <sup>13</sup>C abundance in particle size fractions of forested and cultivated oxisols. *Soil Biol. Biochem.* 24 (3), pp. 275-277.
- Boulet R., 1968 - Etude pédologique de la Haute-Volta. Région centre - nord Echelle 1/500 000°. Centre ORSTOM Dakar. Hann - Senegal. 351 p., multig.
- Boulet R., et Leprun J.C., 1969 - Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Est. Centre ORSTOM Dakar Hann - Sénégal - 334 p. multig.
- Boyadgiev T.G. 1980 - Création d'un service des sols. Haute-Volta. Etat des connaissances des sols. AG : DP/UPV/74/007 - Rapport technique 1. PNUD/FAO, Rome, 1980, 33 p.
- Bremner J.M. 1965 - Total nitrogen. *In* C.A. Black (ed). *Methods of soil analysis*, part 2. American Society of Agronomy 9 : pp. 1149-1178.

- Bunasols, 1981 - Etude pédologique de reconnaissance de la région de la mare d'Oursi. Echelle 1/50 000<sup>e</sup>. 65 000 ha. Rapport technique n° 25 ; Bunasols. Ouagadougou (BF). 69 p+Annexes
- Bunasols, 1987 - Méthodes d'analyse physique, chimique des sols, eaux, plantes. Doc. Techn. n° 3. Bunasols. Ouagadougou (BF). 162 p.
- Bunasols, 1989 - Etude pédologique de la région nord de la mare d'Oursi. Echelle 1/50 000<sup>e</sup>. Rapport technique n°63. Bunasols. Ouagadougou (BF). 88 p + Annexes.
- Catroux G. et Schnitzer M., 1987 - Chemical, spectroscopic and biological characteristics of the organic matter in particle size fractions separated from an Aquoll. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, pp. 1200-1207.
- Chaussod R., Nicolardot B. et Catroux G., 1986 - Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du Sol* 2, pp. 201-211.
- Christensen B.T., 2001 - Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European journal of Soil Science*, 52 : pp. 345-353.
- Christensen B.T., 1992 - Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and densimetry separates. *Adv. Soil. Sci.* 20, pp. 2-90.
- Commission de pédologie et de cartographie des sols (CPCS), 1967 - Classification des sols. Edit. 1967 ; ENSA - Grignon ; 77p.
- Domergues Y., 1960 - la notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'agronomie tropicale* - 15 (1), pp. 55-60.
- Duchaufour P., 1997 - Abrégé de pédologie - sol - végétation - environnement. 5<sup>e</sup> éd. Masson, France, 291 p.
- Elliott E.T., Anderson R.V., Coleman D.C. et Cole C.V., 1980 - Habitable pore space and microbial trophic interactions. *Oikos* 35, pp. 327-335.
- F.A.O., 1976 - Framework for land evaluation. *FAO soils Bull.* N°32 - FAO, Rome - Italy. 72 p.
- F.A.O., 1983 - Guidelines : land evaluation for rainfed agriculture. *FAO soil Bull.* N°52 FAO - Rome - Italy 237 p.
- F.A.O., 1985 - Land evaluation for irrigated agriculture. *FAO, soil Bull.* N°55, FAO, Rome, Italy, 231 p.
- F.A.O., 1998 - Base de référence mondiale pour les ressources en sols. Rapport sur les ressources en sols du monde n°84 - FAO - Rome - Italy, 96 p.
- Feller C., 1995 - La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1/1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Collection TDM n°144, ORSTOM, Paris, 393 p.
- Feller C., 1979 - Une méthode de fractionnement de la matière organique des sols : application aux sols tropicaux à textures grossières très pauvres en humus. *Cahiers ORSTOM, sér. Pédol.* Vol. XVIII n° 4, 1979 ; pp. 339 - 346.
- Feller C. et Beare M.H., 1997 - Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma* 79, pp. 69-116.
- Feller C., Frisch E., Poss R. et Valentin C., 1991 - Effets de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest en particulier). *Cahiers ORSTOM, série Pédol.* 26, pp. 25-36.
- Flaig W., 1971 - Organic compounds in soil. *Soil Science.* 111 - 1 ; pp.19 - 33.
- Garcia F.O. et Rice C.W., 1994 - Microbial biomass dynamics in tall grass prairie. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, pp. 816-823.
- Gregorich E.G., Kachanoski R.G. et Voroney R.P., 1988 - Ultrasonic dispersion of aggregates : distribution of organic matter in size fractions. *Can. J. Soil Sci.* 68, pp. 395-403.
- Grouzis M., 1979 - Structure, composition floristique et dynamique de la production de matière sèche des formations végétales sahéliennes (mare d'Oursi-Haute-Volta). ACC lutte contre l'aridité dans l'Oudalan - Centre ORSTOM - Ouagadougou - Burkina Faso, 56 p.
- Grouzis, M. et Sicot A.M., 1983 - Production séquentielle du bassin versant de la mare d'oursi. Application à l'estimation des potentialités pastorales. Atelier FAO - ISRA - Dakar 16-18/11/1983. Centre ORSTOM - Ouagadougou - Burkina Faso. 6 p.
- Guggenberger G., Christensen B.T. et Zech W., 1994 - Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soil : I Lignin and carbohydrate signature. *European journal of Soil Science.* 45, pp. 449-458.
- Guinko S., 1984 - La végétation de la Haute-Volta. Tome 1 Thèse Doctorat ès Sciences Naturelles. Univ. Bordeaux III. 318 p.
- Hottin G. et Ouedraogo O.F., 1992 - Carte géologique du Burkina Faso. Echelle 1/1000 000<sup>e</sup> - 2<sup>e</sup> édition. BUMIGEB, Ouagadougou.
- Jenkinson D.S. et Ladd J.N., 1981 - Microbial biomass in soil : Measurement and turnover. p 415 - 471. *In* : E.A. Paul and J.N. Ladd (eds). *Soil biochemistry.* Vol. 5, Marcel Dekker, New-York.
- Jenkinson D.S. et Rayner J.H., 1977 - The turnover of soil organic matter in some of rothamsted classical experiments. *Soil Science* 123, pp. 298-305.
- Jenkinson D.S. et Powlson D.S., 1976 - The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8, pp. 209-213.
- Le Grand P.H., 1979 - Biomasse racinaire de la strate herbacée des formations sahéliennes (étude préliminaire). ACC lutte contre l'aridité dans l'Oudalan - Centre ORSTOM. Ouagadougou - Burkina Faso, 6 p.
- Mallouhi N. et Jacquin F. 1985 - Essai de corrélation entre propriétés biochimiques d'un sol salsodique et sa biomasse. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 17 n°1, pp. 23-26.
- Mathieu C. et Pieltain F., 2003 - Analyse chimique des sols - Méthodes choisies. Ed TEC & DOC. Paris, 387 p.
- Nwinyi S.O., 1973 - The contribution of organic matter to cation exchange capacity of eastern Nigeria soils. *Sols Africains.* Vol XVIII n°1, pp. 47-58.
- Pallo F., 1998 - Effets des feux sur la matière organique des sols des forêts naturelles dans la région centre Ouest du Burkina. pp 187-199 - *In* : Aménagement intégré des forêts naturelles des zones tropicales sèches de l'Afrique de Ouest. Actes du séminaire international. 16 au 20 novembre 1998, Ouagadougou Burkina Faso. CNRST, SLU, Uppsala, 2001.
- Pallo F., 1996 - Contribution à l'étude de la couverture pédologique de la zone sahélienne au Burkina Faso. I. caractères et organisation. *Sci. et Tech. Vol.* 21 (1), pp. 92-113.
- Pallo F., Sawadogo L. et Sedogo P.M., 2000 - Effets des feux répétés sur les teneurs en azote des sols dans la région centre Ouest du Burkina Faso. *Sci et tech Série Sciences Naturelles et Agronomie* vol. 24 (1), pp. 92-108.
- Prevot A.R., 1970 - Humus. Biogenèse, Biochimie, Biologie. Edit. de la Tourelle. 342 p.
- Rowell D.L., 1994 - *Soil Science. Methods and applications.* Longman Scientific and Technical, Royaume Uni.
- Sedogo P.M., 1993 - Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture. Incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse Doct. es Sciences. Univ. Nat de Côte d'Ivoire, 341 p.
- Shang C. et Tiessen H., 1997 - Organic matter lability in a tropical Oxisol : evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. *Soil Science* 162 (11), pp. 795-807.
- Sicot A.M., 1978 - Cycle de l'eau et bilan hydrique dans les écosystèmes types du bassin versant de la mare d'oursi (Haute-Volta). Analyse préliminaire des données recueillies en 1977. Critiques des principes de base du bilan hydrique en milieu sahélien. ACC lutte contre l'aridité dans l'Oudalan - Centre ORSTOM - Ouagadougou - Burkina Faso. 208 p.
- Thiombiano L., 2000 - Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire. Vol. I & II, 326 p.
- Thiombiano L. et Dianou D., 1999 - Activité biologique globale dans trois états de surface des sols sahéliens. *Annales de l'Univ. de Ouagadougou, Série B, Vol. VII,* pp.175-187.

- Thompson M.L., Zhang H., Kazemi M., et Sandor J.A., 1989 - Contribution of organic matter to cation exchange capacity and specific surface area of fractionated soil materials. *Soil Science* 148 (4), pp. 250-257.
- Tiessen H. et Stewart J.W.B., 1983 - Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter : cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J* ; 47, pp. 509-514.
- Toutain B. et de Wispelaere G., 1978 - Pâturage de l'ORD du sahel et de la zone de délestage au nord-est de Fada N'Gourma. Etude agrostologique n°51 : IEMVT, Maisons Alfort - France, 3 tomes.
- Van Veen J.A et Paul E.A., 1981 - Organic carbon dynamics in grassland soils. 1- Background information and computer simulation. *Can. J. Soil Sci.* 61, pp. 185-201.
- Walkley A. et Black I.A., 1934 - An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, pp. 29-38.