

LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL  
DANS QUELQUES AGROSYSTEMES TROPICAUX (SENEGAL),  
UTILISATION DE RESIDUS DE RECOLTE.

par

C. FELLER

Résultats des travaux effectués de 1974 à 1979 en collaboration avec :

MM. BRAUDEAU (E), CHOPPART (J.L.), DANCETTE (F.), DIATTA (S.), DREVON (J.),  
GANRY (F.), SANT-MACARY (H.), TOURE (M.).

et avec l'aide technique de :

MM. CHEVAL (M.), DIOUF (B.), LOPEZ (J.).

## SOMMAIRE

	<u>Page</u>
AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	3
PREMIERE PARTIE. Caractérisation de la matière organique	
1 - Matériel et méthodes	6
2 - Comparaison des deux méthodes de fractionnement granulométrique de la matière organique	10
3 - Caractéristiques morphologiques, biologiques et chimiques des différentes fractions granulométriques	11
DEUXIEME PARTIE. Etude d'essais agronomiques	
1 - Composition des divers résidus de récolte utilisés dans des essais agronomiques au Sénégal	20
2 - Essai B1 : Role spécifique de la matière organique (Bambey)	21
3 - Essai B2 : Paille-Compost (Bambey)	30
4 - Essai B3 : Brulis-Mulch-Labour (Bambey)	32
5 - Essai B4 : Mulch (Bambey)	34
6 - Essai B5 : Entraînement des matières organiques dans le profil cultural (Bambey)	35
7 - Essai B6 : Engrais compatibles (Bambey)	38
8 - Essai D : Paille-Azote en sol gris (Dianaba)	40
9 - Essai Z : Amélioration foncière des sols de rizière (Ziguin chor)	41
10 - Essai S : Fertilité défriche ancienne, défriche récente (Sefa)	44
11 - Essai N : Culture fourragère (Nianga)	
DISCUSSION ET CONCLUSIONS GENERALES	
1 - Etude méthodologique	47
2 - Etude dynamique	50
3 - Etude phénoménologique	52

## AVANT-PROPOS

Nos recherches au Sénégal (1974 à 1979) ont porté sur l'étude de la matière organique des sols cultivés ou des sols sous végétation naturelle. Pour les agrosystèmes nous avons suivi divers essais au champ impliquant, sous une forme ou une autre, des restitutions organiques au sol (enfouissements, mulchs, cultures fourragères). Une partie de ces travaux a fait l'objet de publications mais certains résultats n'ont pas encore été diffusés. Ces derniers concernent le plus souvent des études ponctuelles sans suivi dans le temps. Même si des conclusions n'apparaissent pas nettement à partir de ces seules données ce sont autant de résultats analytiques qui peuvent compléter un dossier agronomique.

Tel est donc le premier objet de ce rapport : mettre à la disposition des chercheurs avec lesquels nous avons collaboré des données sur le stock organique des sols qu'ils étudient. Replacés dans un contexte agronomique général (productivité végétale, bilan minéral) nous espérons que ces résultats auront quelque utilité.

Le deuxième objectif est de montrer l'intérêt d'une nouvelle approche méthodologique pour l'étude de l'humus. Cette méthodologie donne la priorité pour la caractérisation de la matière organique à des fractionnements physiques du sol (granulométriques) plutôt qu'à des extractions chimiques. Nous espérons que cette démarche sera plus "explicative" que l'approche chimique (qui a surtout valeur de test mais est bien souvent difficile à interpréter) et qu'elle devrait permettre un dialogue plus facile entre "spécialiste" et "utilisateur". Enfin, peut-être s'agit-il d'une voie à privilégier pour l'étude des relations sol-plante ?

Le troisième but de ce rapport est très pratique. Il fait appel à l'effort de chacun des chercheurs concernés pour compléter, préciser et critiquer ce travail. En particulier, il faudrait que chaque responsable résume en quelques lignes les résultats agronomiques obtenus pour chaque essai et nous précise les faits majeurs de l'évolution du sol.

Le plan est le suivant :

- Introduction,
- Première partie : matériel et méthodes et caractérisation de la matière organique du sol,
- Deuxième partie : étude de divers essais agronomiques,
- Discussion et conclusions générales.

Enfin nous conseillons au lecteur non concerné par le détail des résultats de se reporter directement aux "Discussion et conclusions générales" en fin de rapport.

## INTRODUCTION

De nombreuses études ont mis en évidence, pour la zone tropicale sèche, l'extraordinaire rapidité de dégradation des sols, à la suite du défrichement de la végétation naturelle et de la mise en culture. Le maintien, et/ou l'amélioration durable de la fertilité de ces sols est un objectif essentiel de la recherche agronomique tropicale.

Les recherches entreprises depuis plusieurs années par l'IRAT et l'ISRA sur ce vaste programme (PICHOT, 1975) font apparaître l'importance de la matière organique dans le maintien de cette fertilité, et débouchent sur la recherche de techniques permettant d'accroître et de stabiliser le stock organique des sols cultivés de cette région.

En effet, et particulièrement pour les sols sableux à sablo-argileux qui dominent en Afrique tropicale sèche, la matière organique constitue un facteur d'amélioration des propriétés physiques du sol, une réserve d'éléments nutritifs, et, permet, parfois, par des mécanismes spécifiques encore mal élucidés, l'augmentation des rendements culturaux par rapport aux seuls apports d'engrais chimiques.

Dans cette optique, l'ISRA a mis en place au Sénégal de nombreux essais au champ impliquant des restitutions organiques diverses, pailles, composts, coques d'arachide, fumiers etc...

Dans la littérature agronomique, les publications relatives aux effets d'apports organiques sur la productivité végétale et la nutrition minérale de la plante sont extrêmement nombreuses mais beaucoup plus rares sont celles qui s'accompagnent des mesures de variations des teneurs en matière organique du sol ou tentent d'étudier les effets de ces apports sur les transformations du stock organique. Le séminaire sur l'utilisation des résidus de récolte en Afrique (FAO, 1979) et le dernier Congrès International de Science du Sol (1982) sont parmi d'autres, des illustrations de ces propos.

Les méthodes habituellement utilisées pour l'étude de la matière organique des sols sont basées sur des extractions chimiques par des réactifs acides et alcalins (par ex. DUCHAUFOUR et JACQUIN 1962, DABIN 1971). Les résultats obtenus ont surtout valeur de test (comparaison de différentes situations) mais sont difficilement explicatifs. On connaît encore assez mal le rôle des fractions ainsi définies (acides fulviques, acides humiques, humine) dans la fertilité du

sol. Aussi, après avoir appliqué ces techniques aux premiers essais étudiés (\*), nous avons préféré aborder l'étude de la matière organique des sols par une voie totalement différente, basée sur des fractionnements granulométriques du sol permettant de séparer les matières organiques figurées à divers degrés d'humification du complexe organo-minéral (humus s.s.)

Une première méthode (Méthode 1) a été mise au point et appliquée à un certain nombre d'essais (FELLER et al., 1981 a). Toutefois, la rigueur insuffisante de cette méthode nous est rapidement apparue et une deuxième méthode (Méthode 2) de fractionnement granulométrique de la matière organique du sol a été publiée (FELLER, 1979). C'est actuellement la méthode utilisée.

Aussi certains échantillons ont été analysés par la Méthode 1, (essais B2 et B6), la majorité par la Méthode 2 et quelques uns par les deux méthodes (essai B1). Nous présenterons l'ensemble des résultats en précisant la méthode d'étude. Préalablement, une comparaison des deux méthodes permettra d'établir les équations pour le calcul des résultats de la Méthode 2 à partir de ceux de la Méthode 1.

---

(\*)

Terres-Neuves (Sénégal Oriental, Action ORSTOM), Sédhiou et Maniora (Casamance, Action ISRA, Responsable S. DIATTA).

## PREMIERE PARTIE

### CARACTERISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL

- Matériel et méthodes
- Comparaison de deux méthodes de fractionnement granulométrique de la matière organique
- Caractéristiques morphologiques, biologiques et chimiques des différentes fractions granulométriques.

## 1 - MATERIEL ET METHODES

### 1.1 - Essais agronomiques étudiés (tableau 1)

L'essentiel ces travaux concerne des essais agronomiques menés au Centre de Recherches Agricoles de Bambey, sur sol Dior (essais B1 à B6). D'autres essais ont été suivis dans diverses régions du Sénégal sur plusieurs types de sol: Casamance continentale (essais D et S), Casamance "maritime" (essai Z), fleuve Sénégal (Essai N).

### 1.2 - Fractionnement granulométrique de la matière organique

#### 1.2.1 - Méthode 1 (Fig. 1)

La méthode 1 conduit à l'obtention de trois fractions :

- ML1 : matières organiques libres n° 1
- ML2 : matières organiques libres n° 2
- FL : fraction liée

a) Fraction ML1 : débris végétaux de taille supérieure à 2 mm.

L'ensemble de l'échantillon de sol, environ 200 kg, est tamisé à sec à 2 mm. Le refus au tamis est ensuite débarrassé des sables par flottation dans l'eau, séché à 50° pendant quatre jours, pesé, puis broyé finement (fraction ML1)

b) Fraction ML2 : débris végétaux de taille inférieure à 2 mm.

2 kg du sol tamisé à 2 mm et débarrassé de la fraction ML1 sont mis à décanter par fractions successives dans environ 10 litres d'eau. Par simple agitation manuelle du sol sous eau et décantations successives, les résidus végétaux inférieurs à 2 mm sont entraînés avec l'eau de fractionnement, passés sur un tamis de 0,05 mm, lavés à l'eau, séchés à 50° pendant quatre jours et broyés finement (fraction ML2).

Les eaux de fractionnement (10 litres) et de lavage de la fraction ML2 sont réunies et acidifiées par addition de HCl jusqu'à pH 2,0. Par décantations puis centrifugations des eaux surnageantes, suivies de deux lavages à l'eau du culot de centrifugation pour éliminer l'excès d'acide, on récupère les particules inférieures à 0,05 mm entraînées lors de l'extraction de la fraction ML2. Elles sont alors jointes au sol débarrassé des résidus végétaux inférieurs à 2 mm.

Après contrôle de leurs teneurs négligeables en carbone et azote, les eaux de fractionnement sont éliminées.

c) Fraction FL : Fraction constituée du reste des matières organiques libres très humifiées et non entraînables à l'eau et de la fraction organique liée aux

matières minérales (complexe organo-minéral).

Le résidu de sol après extraction des fractions ML1 et ML2 est séché à 50° pendant quatre jours, pesé, puis broyé finement (fraction FL).

#### 1.2.2 Méthode 2 (Fig. 2)

La méthode 2 conduit, après tamisage à sec (2000  $\mu\text{m}$ ) puis sous eau (200 et 50  $\mu\text{m}$ ) à l'obtention de cinq fractions principales: F 2000, F 200, F 50, FOM et W dont les trois premières peuvent être sous-fractionnées en fractions organiques FO (FO 2000, FO 200, FO 50) et fractions minérales FM (FM 2000, FM 200, FM 50).

- F 2000 : taille supérieure à 2000  $\mu\text{m}$   
          graviers (FM 2000) et débris végétaux très grossiers (FO 2000)
- F 200 : taille 200 à 2000  $\mu\text{m}$   
          sables grossiers (FM 200) et résidus végétaux grossiers (FO 200)
- F 50 : taille 50 - 200  $\mu\text{m}$   
          sables fins (FM 50) et résidus végétaux fins (FO 50)
- F O M : taille 0 - 50  $\mu\text{m}$   
          fraction organo-minérale, matière organique non reconnaissable
- W : fraction hydrosoluble (eau de fractionnement)

Le prélèvement de sol total (environ 200 kg) est mis à sécher à l'air, pesé, puis tamisé à sec à l'aide d'un tamis sur pied (maille carrée de 2 mm, surface 1m<sup>2</sup>). La fraction de sol supérieure à 2 mm restant sur le tamis composée de résidus de récolte, FO 2000 (racines, chaumes, graines, etc...), et de quelques graviers, FM 2000, est séchée à 60° jusqu'à poids constant, pesée et broyée. Les résultats d'analyse de FO 2000 portent donc sur la totalité de l'échantillon de sol prélevé. La fraction inférieure à 2 mm, recueillie sous le tamis, est homogénéisée avec précaution, et une partie aliquote est prélevée (quelques kilogrammes) pour les analyses ultérieures. Le reste de l'échantillon est éliminé. 600 g du sol (6 x 100 g) tamisé à 2 mm sont agités pendant une heure avec 6 x 3 billes de verre dans 1.800 ml (6 x 300) d'eau distillée. La suspension de sol dans l'eau est passée successivement sur des tamis à maille carrée de 0,2 et 0,05 mm. Les fractions retenues sur les deux tamis sont abondamment lavées à l'eau et les eaux de lavage jointes aux eaux de fractionnement. On récupère ainsi les fractions F 200, F 50 et (FOM + W). Les fractions F 200 et F 50 sont transvasées séparément dans des béciers de un litre (large ouverture). Par simple flottation dans l'eau et légère agitation manuelle des béciers on entraîne les fractions organiques FO (FO 200 et FO 50). Les résidus de sol représentent les fractions minérales FM (FM 200 et FM 50). Les fractions FO 200 et FO 50 obtenues sont alors filtrées (pour éliminer l'eau ayant servi à leur séparation des sables), séchées à 60° jusqu'à poids constant, pesées et broyées finement.

La fraction hydrosoluble W est séparée de la fraction organo-minérale FOM par centrifugation (\*) et une partie aliquote des eaux est conservée pour dosages éventuels (carbone, azote, etc...) (\*\*). Les résultats sont exprimés par rapport à l'échantillon (ou à la fraction) séché(e) à 105° C.

### 1.3 - Fractionnement chimique de la matière organique

Les matières humiques du sol total ou de chaque fraction granulométrique sont extraites selon la méthode décrite par DABIN (1971) qui consiste en :

- une extraction acide par  $H_3PO_4$  2M : acides fulviques libres AFL,
- une extraction par  $Na_4P_2O_7$  0,1 N à pH 9,0 : matières humiques totales-pyrophosphate, fractionnées par  $H_2SO_4$  à pH 2,0, en acides fulviques-pyrophosphate et acides humiques-pyrophosphate,
- une extraction alcaline par NaOH 0,1N à pH 12,0 : matières humiques totales-soude fractionnées par  $H_2SO_4$  à pH 2,0 en acides fulviques-soude et acides humiques-soude.
- le résidu insoluble après extraction est l'humine HU.

Les différentes extractions sont répétées plusieurs fois jusqu'à épuisement.

Après vérification d'un bilan en carbone acceptable (somme des fractions humiques comprise entre 85 et 105 % du carbone total) les teneurs en carbone sont exprimées en % de la somme des fractions.

### 1.4 - Dosage des matières cellulosiques (MC), lignine $H_2SO_4$ (L), "fibre neutre" (NDF) et contenu cellulaire (CC)

Les teneurs en matières cellulosiques (MC), lignine- $H_2SO_4$  (L), fibre (NDF) et contenu cellulaire (CC) sont déterminées seulement sur les fractions organiques de tailles supérieures à 50  $\mu m$  (ML1, ML2, FO 2000, FO 200, FO 50). Les matières cellulosiques (MC) sont dosées selon OMA (1975) par pesée du résidu organique obtenu après 2 hydrolyses successives en milieu acide ( $H_2SO_4$  à 1,25 %, 30 mm) et alcalin (NaOH à 2,5 %, ébullition 30 mm). Les matières cellulosiques correspondent approximativement aux hémicelluloses, celluloses et à une faible fraction de la lignine. La lignine- $H_2SO_4$  (L) est dosée selon VAN SOEST

- 
- (\*) Si l'objectif de l'étude le permet la précipitation de cette fraction peut être accélérée par addition de HCl jusqu'à pH 2,0
- (\*\*) Si l'objectif de l'étude le permet, l'activité biologique peut-être bloquée par addition de quelques gouttes de chloroforme (3 %)

(1963) par pesée du résidu organique obtenu après action en milieu sulfurique d'un agent détergent (CTAB, bromure de cetyltriméthyl-ammonium) suivie d'une attaque sulfurique à froid ( $H_2SO_4$  à 72 %, 3 h). La "fibre" (NDF, "neutral detergent fiber") est dosée selon VAN SOEST et WHINE (1968) par pesée du résidu obtenu après action d'un agent détergent neutre. Par différence avec la teneur initiale en matière sèche on obtient la teneur en contenu cellulaire (CC). Les déterminations de MC, L, NDF et CC sont celles utilisées pour les analyses de fourrage. Dans le cas des résidus végétaux extraits des sols les échantillons sont fortement contaminés par les matières minérales du sol et les teneurs sont exprimées ici en mg/g fraction, déduction faite des teneurs en matières minérales du résidu ("oven-dry and ash-free basis").

#### 1.5 - Minéralisation du carbone et de l'azote

La minéralisation du carbone de chaque fraction est étudiée par la technique de consommation d'oxygène à l'aide d'un respiromètre de Warburg. L'incubation s'effectue à l'humidité équivalente et à une température de 30°C. Chaque fraction organique (FO 2000, FO 200, FO 50, FOM) est amenée par un apport adéquat de sable à une teneur d'environ 10 mg C/g fraction. Les mesures sont effectuées dans des fioles ovales de 150 ml munies d'un puits central contenant 1 ml de KOH à 40 % et un morceau de papier filtre plissé pour absorber le  $CO_2$  dégagé. Des lectures manométriques à volume constant ont été effectuées pendant 3 jours toutes les 3 heures avec interruptions nocturnes. Les fractions minérales à très faibles teneurs en carbone n'ont pas été dosées. Les résultats sont exprimés en vitesse moyenne de consommation d'oxygène ( $\mu l O_2/h$ ) après correction des constantes du système fiole-manomètre.

La minéralisation de l'azote de chaque fraction est étudiée après incubation de 20 jours à 32° C (BERNHARD-REVERSAT, 1981). Pour la présentation des résultats les valeurs des fractions organiques FO et des fractions minérales FM ont été regroupées. L'azote nitrique  $N-NO_3$  est extrait par une solution  $Cu SO_4$  à 2,5 % et  $Ag SO_4$  à 0,6 % et analysé par la méthode de l'acide-phénol disulfonique. L'azote ammoniacal  $N-NH_4$  est extrait par une solution NaCl à 10 % à pH 2,5 et analysé par la même méthode que l'azote total au Technicon.

#### 1.6 - Autres déterminations : MM, MS, C, N, S, P, Ca, Mg, K, Na

Carbone et Soufre sont dosés par voie sèche au Carmograph et Sulmograph.

Les autres déterminations MM (matières minérales), MS (matières sèches), P (phosphore), Ca (calcium), Mg (magnésium), K (potassium), Na (sodium) sont effectuées selon les méthodes utilisées au laboratoire du Centre ORSTOM de DAKAR (Sénégal).

## 2 - COMPARAISON DES DEUX METHODES DE FRACTIONNEMENT GRANULOMETRIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE

### 2.1 - Répartition des différentes fractions

La comparaison porte sur 6 échantillons (Tableau 2). Les résultats sont exprimés en % de la somme des fractions.

Les teneurs des fractions ML1 (méthode 1) et F 2000 (méthode 2) sont identiques (même mode de fractionnement). Excepté l'échantillon 2 A les valeurs pour ML2 sont dans l'intervalle (F 200, F 200 + F 50). Les teneurs des fractions FL sont toujours supérieures à celles de FOM.

A l'aide de ces données on établit trois équations permettant de calculer à partir des résultats de la Méthode 1 (ML2 et FL) les teneurs pour les fractions F 200, F 50 et FOM de la Méthode 2.

$$(1) \quad F \ 200 = 0,75 \text{ ML2}$$

$$(2) \quad FOM = 0,68 \text{ FL}$$

$$(3) \quad F \ 50 = (\text{ML2} + \text{FL}) - (F \ 200 + FOM)$$

Le graphique ci dessous résume ces résultats

ML2	FL		Méthode 1 (dosé)
F200	F50	FOM	Méthode 2 (calculé)

### 2.2 - Comparaison des caractéristiques chimiques des différentes fractions

Nous n'avons que très peu d'analyses chimiques des différentes fractions d'un même échantillon de sol et permettant une comparaison rigoureuse des 2 méthodes. Nous présentons donc dans le tableau 3 des ordres de grandeur estimés à partir d'échantillons prélevés en fin de culture sur des sols identiques (sol Dior, essais B1 et B2).

Les critères de comparaison retenus sont les rapports carbone/azote (C/N) et matières cellulosiques/lignine (MC/L)

Les fractions ML1 et F0 2000 sont évidemment identiques. Les fractions ML2 et F0 200 sont proches par la valeur du rapport C/N mais différent notablement par le rapport MC/L. La fraction ML2 est intermédiaire pour ce rapport entre les fractions F0 200 et F0 50.

Les fractions FL et FOM sont proches.

Ces données qualitatives confirment que la fraction ML2 est formée de FO 200 et d'une partie de FO 50 (voir équation (1)).

On notera aussi l'influence des enfouissements de compost sur les caractéristiques des différentes fractions végétales (ML1, ML2 et FO 2000, FO 200, FO 50).

### 2.3 - Conclusion sur la comparaison des deux méthodes

On ne peut faire une comparaison aisée entre les deux méthodes puisque seules les fractions ML1 et FO 2000 sont identiques. Une correspondance est toutefois possible grâce aux équations (1), (2) et (3) permettant d'estimer à partir de la Méthode 1 les teneurs respectives en carbone des fractions que l'on aurait obtenues par la Méthode 2.

Nous retiendrons toutefois que, indépendamment de la méthode utilisée, l'"approche granulométrique" de la matière organique permet de séparer des fractions à degrés d'humification nettement différenciés : débris végétaux plus ou moins humifiés (ML1, ML2 ou FO 2000, FO 200, FO 50) et fractions organo-minérales (FL ou FOM). La coupure à 50  $\mu\text{m}$  semble marquer la frontière entre ces deux domaines.

## 3 - CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES BIOLOGIQUES ET CHIMIQUES DES DIFFERENTES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

L'essentiel des résultats présentés ici doit faire l'objet d'une publication (FELLER et al., 1983).

Les échantillons analysés sont ceux de l'essai B1 "Role Spécifique de la Matière Organique".

Nous résumons brièvement les résultats à partir de l'exemple d'un sol Dior cultivé en mil avec apport d'azote-urée (Tableau 4). Nous présentons aussi pour comparaison les analyses d'une paille de mil et de son compost.

### 3.1 - Caractéristiques morphologiques

L'observation est faite à la loupe binoculaire puis au microscope en lumière normale et en fluorescence. La fluorescence permet souvent de mieux apprécier les zones humifiées des résidus végétaux et la désorganisation des parois cellulaires.  
F0 2000 : Résidus végétaux très grossiers : pailles, feuilles, racines avec poils absorbants, graines, pollens. Colonisation faible de l'ensemble par 2 types de mycélium. Degré d'altération faible. On observe seulement quelques points d'humification (\*) dans les tissus conducteurs. Fluorescence très forte. Quelques rares indices de mésofaune éliminées lors du tamisage (carapaces d'insectes).

F0 200 : Résidus végétaux grossiers (idem à F0 2000) reconnaissable à l'oeil nu. Très nombreuses graines, sous forme de débris tégumentaires plus ou moins humifiés. Etat d'altération des tissus variables, en moyenne plus importante que F0 2000. Colonisation par mycélium. Début de désorganisation de certaines parois cellulaires. Absence d'agrégats. Fluorescence encore très importante mais nombreuses zones d'humification. Quelques nématodes, pas de restes de microarthropodes.

F0 50 : Débris organiques peu reconnaissables à l'oeil nu. Très forte dominance des résidus végétaux assez fortement humifiés. Nombreux résidus de graines. Les tissus conducteurs sont fortement colonisés par des mycéliums et des sclérotés (\*\*). Les tissus sont encore reconnaissables en fluorescence, mais la fluorescence est faible. Aspect carbonisé de nombreux débris végétaux. De nombreux résidus ne sont plus du tout fluorescents. On observe quelques rares microagrégats (déjection). Nombreux nématodes, pas de restes de microarthropodes.

F 0 M : Quelques concentrations sphériques ou en paillettes de matière organique dans la matrice argilo-humique (débris végétaux résiduels ?) mais on ne reconnaît plus de structures végétales. La fluorescence est pratiquement nulle sauf en quelques points laissant supposer le maintien de "structures celluloses ou ligneuses". Aucune observation de microfaune résiduelle.

Ainsi, on observe globalement une altération des tissus végétaux et une humification progressive de la fraction F0 2000 à la fraction F0 50. Les résidus de la microfaune sont en faibles quantités et proviennent essentiellement de nématodes.

---

(\*) Le degré d'humification est apprécié visuellement, zones opaques.  
(\*\*) sclérote : forme sporulée de résistance du mycélium.

D'autre part, le tamisage à 50  $\mu\text{m}$  permet une bonne séparation des matières organiques encore figurées, même si elles sont déjà très humifiées (fractions de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$ , FO 2000, FO 200, FO 50), de l'humus s.s. (fraction organo-minérale de taille 0-50  $\mu\text{m}$  à matière organique humifiée non reconnaissable).

### 3.2 - Caractéristiques biologiques

#### 3.2.1 - Distribution de la microflore hétérotrophe aérobie (bactéries, champignons, actinomycètes)

Les résultats détaillés ne sont pas présentés ici. Ils sont exprimés en nombre de calories par g de carbone de la fraction (cal/gC)

Après incubation, les bactéries dominent ( $10^8$ ) sur les champignons ( $10^5$ ) et les actinomycètes ( $10^5$ ). Il n'y a pas de variations significatives entre les différentes fractions. La population en micro-organismes est proportionnelle à la teneur en carbone de la fraction. On sait, de toute façon avec quelle prudence des résultats de numération doivent être interprétés (MANGENOT, 1982).

#### 3.2.2 - Activité biologique globale : minéralisation du carbone et de l'azote (Tableau 4)

En première approximation la mesure de l'oxygène consommé au cours d'une expérience d'incubation est un indice de l'activité minéralisatrice des micro-organismes vis à vis des composés carbonés et donc de la biodégradabilité de ces derniers.

L'ordre de biodégradabilité croissant est le suivant :

FO 50 < FOM < FO 200 = FO 2000

Les fractions végétales grossières FO 2000 et FO 200 présentent une biodégradabilité forte contrairement à la fraction FO 50 (50-200  $\mu\text{m}$ ) peu biodégradable qui, par cet aspect, est proche de la fraction organo-minérale FOM (0-50  $\mu\text{m}$ ).

Vis-à-vis de l'azote, l'ordre de minéralisation croissant est le suivant :

FO 2000 < FO 200 = FO 50 < FOM

La faible minéralisation de la fraction FO 2000 s'explique probablement par le rapport C/N élevé de cette fraction et une réorganisation microbienne rapide de l'azote minéralisé. La fraction FOM qui est la plus facilement minéralisable représente aussi la part la plus importante de l'azote total du sol. C'est donc cette fraction qui fournira l'essentiel de l'azote minéralisable du sol.

### 3.3 - Caractéristiques biochimiques (Tableau 4)

#### 3.3.1 Composition en matières cellulosiques, lignine, fibre et contenu cellulaire des différentes fractions organiques de tailles supérieures à 50 $\mu\text{m}$

Nous rappelons que les dosages de matières cellulosiques (MC) et de la lignine (L) sont ceux utilisés pour les analyses de fourrage. Ces méthodes conventionnelles ont plus valeur de test pour comparaison de différentes substances qu'une signification absolue. Qui plus est, dans le cas de composés déjà préhumifiés (compost, résidus végétaux ayant séjourné dans le sol) il serait préférable d'utiliser les termes "complexeshumo-cellulosiques ou humo-ligneux" plutôt que matières cellulosiques et lignine. Il faut souligner aussi que d'autres composés, les tannins condensés en voie d'humification par exemple, sont dosés dans la fraction dite "lignine". Nous conserverons toutefois ces termes simples (lignine, matière cellulosique), tout en étant conscient de leur imprécision.

La composition de la paille de mil et de son compost montre que le compostage est caractérisé par une forte diminution des teneurs en carbone (C), matière cellulosique (MC), contenu cellulaire (CC) et une augmentation relative des teneurs en matières minérales (MM), azote (N), lignine (L) et fibre (NDF). Il en résulte une diminution des rapports C/N et MC/L et une augmentation du rapport NDF/CC.

Dans le sol la diminution de la taille des fractions (F0 2000 à F0 50), s'accompagne d'une très forte baisse des teneurs en (C), (MC), et (CC), alors que les teneurs en (N), (L) et (NDF) décroissent plus faiblement. Il en résulte une diminution importante des rapports C/N et MC/L et une forte augmentation de NDF/CC. La diminution du rapport MC/L avec la taille des fractions est en accord avec les observations morphologiques. Les caractéristiques de la fraction F0 2000 sont proches de celles de la paille.

Les variations de ces trois rapports (faciles à déterminer) au cours des premiers stades d'humification sont suffisamment importantes pour que ces rapports soient utilisés comme critères d'évolution du degré d'humification des résidus végétaux dans les sols. Le rapport C/N est d'usage classique et nous n'y reviendrons pas. Le rapport MC/L exprime en première approximation la composition des parois cellulaires : l'humification s'accompagne d'une augmentation de la lignine (ou composés apparentés) par rapport à la cellulose. Le rapport NDF/CC est une

estimation chimique de la composition globale de la cellule végétale : les premiers stades d'humification sont caractérisés par une disparition des contenus cellulaires et le maintien des fibres (parois cellulaires) qui dominent très fortement dans la fraction FO 50. Ces fibres sont relativement enrichies en "lignine" par disparition des matières cellulosiques, et en azote par minéralisation préférentielle du carbone.

### 3.3.2 - Composition en matières humiques des différentes fractions granulométriques

Les résultats complets du fractionnement humique doivent faire l'objet d'une analyse ultérieure détaillée. Nous ne présentons ici que quelques résultats globaux. En particulier nous n'avons pas différencié les résultats des extractions au pyrophosphate de sodium 0,1 M et à la soude 0,1 N. Les valeurs du tableau 4 correspondent à la somme de ces deux extractions.

Les matières humiques totales représentent respectivement 25 et 30 % du carbone de la paille et du compost. Une fraction importante de ces composés solubles aux alcalis ne peut être considérée comme des composés humifiés (voir par ex. FLAIG et al. 1975, SAUERBECK et FÜHR 1968, ZHIGUNOV et SIMAKOV 1977). Les acides fulviques dominent les acides humiques. Le compostage est caractérisé par une augmentation des acides humiques.

Dans le sol la fraction FC 2000 présente des caractéristiques identiques à celles de la paille de mil. Avec la diminution de la taille des fractions on note une augmentation des matières humiques totales MHT due à celle des acides humiques AH. La fraction végétale FO 50 a une composition à peu près identique à celle de la fraction organo-minérale FOM. Le rapport AF/AH diminue régulièrement mais la fraction FO 200 par ses caractéristiques apparaît plus proche de FO 2000 que de FO 50 (AF/AH = 1,3 compris entre celui de FO 2000 ou de la paille et celui du compost).

Pour l'ensemble des fractions de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$  l'"humine" représente plus de 50 % du carbone de ces fractions et 25 % du carbone total du sol. Elle est constituée essentiellement des polymères végétaux non extractibles aux alcalis à froid (composés des parois cellulaires). Cette forme d'humine, appelée "humine héritée" par certains auteurs, (DUCHAUFOR 1970, PERRAUD et al. 1971, VEDY et al. 1973) compte pour la moitié de l'humine totale du sol. Nous rappelons que les méthodes classiques d'extractions acido-alcaline de la matière organique du sol ne permettent d'atteindre cette forme d'humine qu'après une série d'opérations plus ou moins longues et destructrices.

En conclusion, la composition humique des différentes fractions granulométriques du sol fait apparaître les similitudes des fractions FO 200 et FO 2000 et des fractions FO 50 et FOM. Ces similitudes avaient déjà été notées dans l'étude du carbone facilement minéralisable.

Pour l'étude des composés humifiés, une simplification du fractionnement granulométrique utilisé (un tamisage unique à 50  $\mu\text{m}$ ) permettrait d'isoler très aisément une fraction importante de l'"humine héritée" (ce qui n'est pas le cas par les méthodes usuelles strictement chimiques) et d'éviter l'action des alcalis sur les matières organiques à caractère végétal.

### 3.4 - Teneurs en soufre et phosphore des différentes fractions granulométriques

Nous disposons des teneurs en soufre et phosphore des fractions granulométriques (Méthodes 1 et 2) pour différents traitements de plusieurs essais agronomiques.

Nous présentons ici des valeurs moyennes des rapports C/N, C/S et C/P par essai agronomique pour chacune des fractions granulométriques (Tableau 5)

Pour les 2 méthodes les rapports C/N, C/S et C/P diminuent avec la taille des fractions. Pour les sols Dior (essais B1 et B3) le rapport C/S passe de 600 pour FO 2000 à 90 pour F O M et le rapport C/P de 250 à 30. Pour les sols de rizière sulfatés-acides (essai Z) le rapport C/S passe de 380 pour FO 2000 à 40 pour F O M et le rapport C/P de 850 à 100 environ.

Pour ces deux milieux très différents l'humification des résidus végétaux, de FO 2000 à FO 50 s'accompagne donc d'une augmentation relative en soufre et phosphore. Le même résultat s'observe lors de la fabrication de compost ou de fumier (voir Tableau 7 )

### 3.5 - Teneurs en Ca, Mg, K, Na des différentes fractions granulométriques

On ne dispose actuellement de données que pour les fractions ML1 et ML2 (Méthode 1) des deux essais sur sol Dior B1 et B2.

Les dosages portent sur les éléments totaux. A côté des valeurs absolues sont présentés d'une part les rapports Ca/Mg et Ca/K (variations relatives de ces trois éléments) d'autre part les rapports C/Ca (Carbone/Ca) et C/K (Carbone/K) permettant de suivre les pertes ou stockages de Ca et K au cours de l'humification.

Les résultats sont portés dans le Tableau 6. A titre de comparaison, nous y avons ajouté les caractéristiques des résidus de récolte utilisés dans ces essais : paille de mil et son compost (essai B1), paille de sorgho et son compost (essai B2).

L'interprétation de ces données nécessiterait des développements importants faisant intervenir non seulement la fraction considérée mais aussi le type d'enfouissement et probablement la date de prélèvement. Remarquons simplement que les variations les plus spectaculaires concernent le potassium (K) et en particulier le rapport C/K.

Pour l'essai B1 (culture de mil) le compost de paille de mil est pauvre en K comparé à la paille initiale. Il en résulte des valeurs élevées (C/K = 400) pour tous les traitements A (avec compost de mil) aussi bien pour les fractions ML1 que ML2. Par contre pour les traitements sans apport (S) les rapports C/K de ML1 et ML2 sont plus faibles (100 à 260). Le rapport C/K (ML2) est supérieur à C/K (ML1) ce qui indique une perte du potassium au cours de l'humification alors que l'effet inverse est observé pour le calcium Ca et les autres éléments étudiés Mg, N, S et P.

Pour l'essai B2 (culture de sorgho) la tendance est à peu près identique mais les teneurs en potassium de cette plante beaucoup plus élevées que celles du mil conduisent à des rapports C/K plus faibles. Comme pour l'essai B1 on note que le rapport C/K du traitement compost (CS) est supérieur à celui du traitement paille (PS). On observe aussi pour le traitement paille, que le rapport C/K (ML2) est supérieur à C/K (ML1).

Ainsi, contrairement aux autres éléments (N, S, P, Ca, Mg) pour lesquels une accumulation relative est toujours observée au cours des processus d'humification, une tendance inverse apparaît pour le potassium. Nous n'avons toutefois pas assez d'éléments pour conclure à ce sujet.

### 3.6 - Conclusion à la caractérisation des fractions granulométriques de la matière organique

Quelque soit la technique utilisée, le fractionnement de la matière organique par une méthode granulométrique conduit à l'obtention des fractions à divers degrés d'humification. Le tamisage à 50  $\mu\text{m}$  permet la séparation d'une matière organique liée aux composés minéraux (fraction organo-minérale FOM de taille 0-50  $\mu\text{m}$ , humus s.s.) et de fractions organiques végétales (FO 50, FO 200, FO 2000) de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$ .

Les observations morphologiques, les variations des rapports C/N (carbone/azote) MC/L (matières cellulosiques/lignine), NDF/CC (fibre/contenu cellulaire) et le taux d'extraction des composés humiques indiquent que le degré d'humification des fractions augmente quand leur taille diminue. On observe une diminution préférentielle des matières cellulosiques et des contenus cellulaires, la fraction

végétale fine FO 50 (50-200  $\mu\text{m}$ ) étant essentiellement constituée de fibres humo-ligneuses riches en acides humiques. Des fractions les plus grossières (FO 2000) aux fractions les plus fines (FO 50 et FOM) l'humification s'accompagne aussi d'une augmentation relative des teneurs en azote, soufre, phosphore, calcium et magnésium mais il est probable qu'une tendance inverse ait lieu pour le potassium.

Par certains aspects (teneurs en matières humiques, biodégradabilité) la fraction FO 50 (50-200  $\mu\text{m}$ ) se différencie nettement des fractions végétales grossières (FO 200 et FO 2000) et s'apparente plutôt à la fraction organo-minérale FOM. Nous verrons ultérieurement que cette fraction (FO 50) peut représenter un compartiment de stockage de la matière organique dans les sols sableux.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE D'ESSAIS AGRONOMIQUES

- Composition des divers résidus de récolte utilisés dans des essais agronomiques au Sénégal
- Etude de différents essais

## 1 - COMPOSITION DE DIVERS RESIDUS DE RECOLTE UTILISES DANS DES ESSAIS AGRONOMIQUES AU SENEGAL

Les résultats sont présentés dans le tableau 7.

De façon générale, le compostage d'un substrat végétal conduit à une diminution des rapports C/N, C/S, C/P, MC/L (par une diminution des teneurs en azote N, soufre S, phosphore P et lignine L) et une augmentation du rapport NDF/CC (par perte essentiellement du contenu cellulaire CC).

Les pailles de mil, sorgho et riz sont caractérisées par de faibles teneurs en lignine et en fibres comparées aux coques d'arachide et à la sciure de bois. Toutefois, la paille de riz se distingue des autres pailles par sa valeur particulièrement élevée en fibres (NDF) avec une faible teneur en lignine (L), résultat que nous nous expliquons mal (\*).

Les analyses minérales indiquent que l'élément le plus variable est le potassium. Le compostage traditionnel (Mil, compost a) conduit à une perte importante de cet élément ce qui n'est pas le cas pour le compostage CIDR (en semi-aérobiose et récupération des jus). On notera aussi les fortes teneurs en potassium des pailles de sorgho comparées aux pailles de mil et coques d'arachide. Ces données si elles se confirmaient devraient donc être prises en compte pour l'étude des interactions Matière Organique/Potassium.

---

(\*) Ces résultats particuliers devront être comparés à d'autres analyses de paille de riz car ils apparaissent totalement incohérents.

2 - ESSAI B1 - Essai "Role Spécifique de la Matière Organique"  
Sol Dior, Bambey  
Etude des interactions Compost / Azote  
Responsable de l'essai : F. GANRY (ISRA)

- . Mise en place de l'essai - 1972
- . Analyses matière organique, 1976, après 4 enfouissements annuels de compost (10T/ha/an) avec ou sans azote (0 à 150 kg N-urée/ha/an) et culture de mil.
- . Suivi jusqu'en 1979 (études des arrière-effets compost). A partir de 1976 arrêt des apports de compost. Succession culturale mil-arachide.

### 2.1 - Bilan, carbone azote après 5 années d'essai (1976)

Ce travail a donné lieu à une publication (FELLER et al., 1981 a). Nous en rappelons succinctement les principaux résultats obtenus à partir d'un fractionnement granulométrique par la Méthode 1 (Voir Fig. 3)

a) Il est possible d'accroître, sous culture continue de mil, le stock de matière organique (C, N) des sols sableux dégradés très pauvres en humus des régions tropicales semi-arides en associant amendement organique (compost) et fertilisation azotée (urée). Le seul apport d'engrais minéraux, s'il permet à court terme, une bonne productivité végétale ne permet pas, à moyen et long terme, une amélioration du stock organique. Parallèlement le seul apport de compost est insuffisant aussi bien pour augmenter le stock organique du sol que pour obtenir une productivité végétale moyenne à élevée.

b) Les augmentations de carbone et d'azote observées concernent les fractions ML2 et FL, la fraction ML1 (correspondant aux apports organiques en début de culture: résidus de compost, de pailles et de racines de tailles supérieures à 2mm) étant, en fin de culture, à un niveau très faible pour tous les traitements.

c) Nous avons conclu à l'époque, que :

- la fraction organique végétale ML1 représentait le compartiment d'entrée du carbone et de l'azote apportés au sol sous forme de résidus de récolte. Cette fraction très labile, disparaît quasi-totalement (minéralisation, division physique des résidus végétaux, humification) pendant le cycle cultural au cours de la saison des pluies. Peu de possibilités de stockage existent sous cette forme.

- la fraction organique végétale ML2 représenterait le compartiment relais de stockage à court terme du carbone et surtout de l'azote. L'accumulation peut y être rapide et importante,
- la fraction organo-minérale FL représenterait un compartiment de réserve. Les variations faibles pour l'azote y sont plus élevées pour le carbone.

## 2.2 - Décomposition des résidus végétaux pendant une saison des pluies

Ce travail a donné lieu à une publication (FELLER et al., 1981 b)  
Nous rappelons les principales conclusions (Voir Fig. 4)

a) Sur le plan méthodologique, la technique très simple de fractionnement utilisée (2 fractions végétales, une fraction organo-minérale), paraît être bien adaptée au problème étudié. Les fractions organiques obtenues ont des caractéristiques et des comportements extrêmement différents et, sous réserve d'effectuer un échantillonnage important, sont des matériaux favorables à des nombreuses approches analytiques,

b) Dans le schéma des processus de décomposition et d'humification des résidus végétaux, la fraction ML2 semble réellement intermédiaire entre la fraction ML1, qui se décompose quasi-totalement, et la fraction humifiée FL. Les résultats du tableau 8 (C/N carbone/azote et MC/L matières cellulosiques/lignine) montrent qu'en fin de saison des pluies, la fraction ML2 qui constitue l'essentiel des matières légères est déjà proche, par son rapport C/N, de la fraction la plus humifiée (FL) et est caractérisée par un rapport MC/L inférieur à celui obtenu pour la fraction ML1,

c) Bien que la fraction ML1 soit sujette à une forte décomposition, les mécanismes, d'abord de compostage, puis de biodégradation, "in situ" dans le sol, sont préférentiellement orientés vers la cellulolyse puisque la fraction organique résiduelle apparaît nettement enrichie en lignine à la fin de la saison des pluies. La même observation est valable pour la fraction ML2. Ceci pourrait expliquer la stabilité de cette dernière.

## 2.3 - Variations inter-annuelles des teneurs en carbone du sol pendant la durée de l'expérimentation. (8 ans)

Les résultats en carbone total du sol sont portés sur la figure 5.  
Le point 0 correspond à une jachère.

Pour les traitements sans compost (S) et quelque soit la dose d'azote (0 à 150 kg N/ha) on observe une diminution progressive des teneurs en carbone qui passent de 3,2 % (t<sub>0</sub>) à 2,6 % (t<sub>1</sub>) puis à environ 1,8 % à partir de t<sub>4</sub>

Pour les traitements avec compost (A) les teneurs en carbone à partir de t2 sont systématiquement plus élevées que celles des traitements (S). Les variations observées de t2 à t4 peuvent s'expliquer soit par une mauvaise reproductibilité liée au prélèvement soit à une pluviométrie annuelle différente (\*).

L'arrêt d'apport de compost a lieu à t5. A cette date la teneur en carbone pour (A, 60 kg N) (\*\*) est d'environ 3 % alors qu'elle n'est que de 1,8 % pour les traitements (S).

Trois années plus tard (t8) (étude des arrière-effets d'apports de compost) on note encore des valeurs plus élevées pour les traitements (A) que pour (S).

Par ailleurs, les résultats du tableau 9 mettent en évidence que les teneurs élevées en carbone total des traitements (A) aussi bien pour les années t5 que t8 sont dues à une augmentation des fractions F 200 et F 50 (tailles supérieures à 50 µm) puisque la teneur des fractions organo-minérales F 0 M est à peu près constante pour l'ensemble des traitements (A) et (S) et que la fraction F 2000 est faiblement représentée.

Enfin les résultats présentés dans le tableau 10 (bilans N et P pour l'essai B1, 1979, t8) confirment pour l'azote des effets identiques au carbone mais ne font apparaître aucun stockage de phosphore à la suite des apports de compost.

En conclusion, les arrière-effets des apports de compost sur le stock organique du sol sont encore mesurables trois années après le dernier amendement.

#### 2.4 - Caractéristiques des différentes fractions organiques

Nous avons vu (paragraphe 2.1) que l'accroissement en matière organique du sol à la suite des apports de compost provenait de l'augmentation des matières organiques libres ML2 et liées FL. Une étude des mêmes échantillons par la Méthode 2 a permis de constater (tableau 9) que cette augmentation était due essentiellement aux fractions F 200 et F 50 de tailles supérieures à 50 µm (fractions végétales). Quelles sont les propriétés des fractions organiques ainsi transformées ?

Dans la première partie (paragraphe 4) nous avons présenté les principales caractéristiques de la matière organique des différentes fractions granulométriques d'un sol Dior cultivé en absence de compost.

---

(\*) à vérifier

(\*\*) des contrôles ultérieurs nous ont montré que la valeur publiée pour (A, 150 kg N) était probablement trop élevée

Le tableau 11 fait apparaître les variations de ces caractéristiques à la suite des apports de compost.

Les observations morphologiques montrent que la matière organique des fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$  pour le traitement A présente un degré d'humification plus important que les fractions correspondantes du traitement (S) (fibres plus altérées, fluorescence plus faible). Ceci est confirmé par les résultats du tableau 11. Avec l'apport de compost il y a diminution des rapports C/N et MC/L augmentation du rapport NDF/CC et de MHT. Les variations les plus importantes concernent la fraction FO 200. Celle-ci (traitement A) acquiert des caractéristiques proches de la fraction FO 50. On notera en particulier sa faible biodégradabilité ( $\text{O}_2$  consommé). Les caractéristiques de la fraction FOM sont relativement peu changées. Ainsi l'augmentation des teneurs en carbone et azote du sol dues aux fractions végétales FO 50 et FO 200 sont liées à un degré d'humification plus élevé de la matière organique de ces fractions. Parallèlement celles-ci présentent une biodégradabilité faible.

Enfin, les augmentations de matière organique observées uniquement sur les fractions végétales grossières de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$  laissent supposer que les processus d'humification par héritage (voie résiduelle) sont dominants dans ce type de sol.

#### 2.5 - Origine de la matière organique stockée dans les fractions F 200 et F 50 et processus d'humification. Expérimentation avec $^{14}\text{C}$ .

Dans les paragraphes précédents, nous n'avons pas posé le problème de l'origine de l'accroissement de matière organique dans les fractions végétales F 200 et F 50 à la suite d'enfouissement de compost. Cet accroissement est-il dû à un effet direct du compost (stockage de résidus de compost peu biodégradables) ou à un effet indirect par augmentation de la productivité végétale et donc de la matière organique arrivant au sol par le système racinaire ?

Par ailleurs, les teneurs en matières organiques de la fraction organo-minérale F O M apparaissent constantes aussi bien entre les différents traitements que sur un cycle pluri-annuel. Quelle est l'importance du "turn-over" pour cette fraction comparé à celui des fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ ? S'agit-il d'une constance réelle (faible biodégradabilité, faibles apports, donc faible taux de renouvellement) ou d'une constance apparente (renouvellement rapide mais à volume constant, les pertes égalant les apports annuels) ?

Schématiquement :

- si le "turn-over" de la fraction FOM est élevé il est probable que les processus d'humification des résidus de récolte sont dominés par une voie dite "soluble" (néoformation physico-chimique ou microbienne de composés humiques à partir de monomères résultant de la dégradation des polymères végétaux),
- si le "turn-over" est faible, il est probable que les processus d'humification sont dominés à court terme par une voie dite "résiduelle" (humification progressive "in situ" des résidus végétaux) conduisant à des particules humifiées de plus en plus petites résultant essentiellement, sous l'action ou non des micro-organismes, d'une transformation oxydative de la lignine ou des composés apparentés (tanins, etc...).

Seules des techniques de marquage permettent de répondre à ces deux questions : origine de la matière organique stockée et processus d'humification. Aussi avons-nous effectué une culture de mil en serre sur sol Dior (pots de 7 kg) avec enfouissement de pailles de maïs (provenance CEA, Cadarache) et de son compost marqués  $^{14}\text{C}$ .

Les résultats de cette expérimentation (paragraphe 2.5 à 2.8) ont fait l'objet de deux publications (FELLER et al. 1982 a et 1982 b).

Les résidus végétaux sont enfouis dans l'horizon de surface à la dose de 1,5 g matière sèche/kg sol et l'urée est apportée en 4 doses (total : 0,2 gN/kg sol).

Le tableau 12 montre que seuls les traitements compost-urée (CP-U) permettent à la fois une bonne productivité végétale et le maintien des teneurs en carbone du sol (98 et 103 % du stock avant culture).

Par ailleurs, les résultats du tableau 13a indiquent que le taux de décomposition du compost est supérieur à celui de la paille. C'est donc à la fois une meilleure productivité végétale (apports racinaires) et l'humification d'une fraction du compost (25 %) qui a permis le maintien du stock organique du sol.

Enfin (tableau 13b) on observe que l'essentiel de  $^{14}\text{C}$ -compost dans le sol en fin de culture est retrouvé dans les fractions de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$  (75 % de  $^{14}\text{C}$  restant) et que le taux de renouvellement de la fraction FOM ( $\mathcal{R}$ ) est de 1 à 2 % pour les apports de compost (\*) et 3 à 4 % pour les apports de paille (\*), valeurs faibles comparées à celles des fractions F 200 et F 50 correspondantes.

---

(\*) Cette valeur est celle de la radioactivité spécifique de la fraction considérée exprimée en % de la radioactivité spécifique initiale de l'apport. En effet, si la fraction en fin de culture n'a reçu aucune radioactivité,  $\mathcal{R} = 0$  %. Par contre si la totalité du carbone de la fraction a été remplacée par le  $^{14}\text{C}$  de l'apport  $\mathcal{R} : 100$  %. La valeur de  $\mathcal{R}$  exprime donc, sous réserve d'un maintien du stock global en carbone entre le début et la fin de cette culture (ce qui est le cas de la fraction FOM) le pourcentage du carbone initial renouvelé par le  $^{14}\text{C}$  introduit.

En conclusion, c'est donc l'existence d'effets direct (compost résiduel) et indirect (amélioration de la biomasse racinaire) qui permet l'amélioration du stock organique dans les traitements compost-urée.

A court terme la "voie résiduelle" est le processus d'humification dominant : stockage des résidus végétaux dans les fractions de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$  et faible taux de renouvellement de la fraction organo-minérale FOM.

## 2.6 - Effet du compost sur la répartition de l'azote-engrais dans le système sol-plante. Expérimentation avec $^{15}\text{N}$

Nous avons vu (paragraphe 2.1) que seuls les traitements compost-urée permettaient une augmentation des teneurs en azote du sol. Quelle est l'origine de l'azote stockée, urée ou azote-compost ?

Dans l'expérience en serre décrite ci-dessus, (paragraphe 2.5), nous avons introduit des traitements avec urée marquée  $^{15}\text{N}$  (Um)

Du tableau 12, il ressort que :

- seuls les traitements avec urée maintiennent le stock d'azote initial du sol,
- seuls les traitements compost-urée permettent à la fois une exportation d'azote importante par la plante et le maintien du stock azoté du sol.

Les tableaux 14a et 14b montrent que :

- les pertes en urée qui sont de 50 % pour les traitements Témoin et Paille ne sont que de 25 % pour le traitement Compost (tableau 14a),
- l'utilisation de  $^{15}\text{N}$  par la plante est de 50 % pour le traitement Compost et seulement de 25 % pour les traitements Témoin et Paille (tableau 14a)
- le stockage d'azote-urée dans le sol, plus élevé dans les traitements Témoin (T-Um) que pour le traitement Compost (CP-Um), (tableau 14a) est illusoire, car la fraction dominante W (fraction hydrosoluble) est peu utilisable pour les cultures suivantes (pertes par voie gazeuse et par lessivage dès les premières pluies) (tableau 14b),
- la quantité d'azote-urée réorganisée dans le sol sous forme non hydrosoluble (F 2000 + F 200 + F 50 + FOM) est plus élevée pour le traitement Compost (tableau 14b).

Ainsi, le compost permet une meilleure utilisation de l'azote-engrais, limite les pertes, et favorise la réorganisation dans le sol de l'azote-engrais en azote organique non hydrosoluble. Par ailleurs, une analyse détaillée (non explicitée ici) des excès isotopiques de la plante et des différentes fractions de sol met en évidence que l'azote issu de l'engrais, retrouvé dans les fractions de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$  (soit, pour le compost, 60 % de l'azote-engrais restant dans le sol en fin de culture) provient des racines de la culture en cours, et non pas d'une immobilisation par voie microbienne sur les résidus végétaux de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$ .

2.7 - Comparaison de la répartition des différentes formes d'azote (azote-urée, azote-paille) dans le système sol-plante en fin de culture. Etude avec  $^{15}\text{N}$ .

Les traitements P-Um et Pm-U permettent de comparer, dans des conditions agronomiques strictement similaires, les répartitions de  $^{15}\text{N}$ -urée (P-Um) et de  $^{15}\text{N}$ -paille (Pm-U) dans le système sol-plante (tableaux 14a et 14b).

Les quantités initiales d'azote ( $^{15}\text{N}$ -urée et  $^{15}\text{N}$ -paille) ne sont pas identiques mais les coefficients d'utilisation par la plante sont les mêmes (25 %). Par contre les pertes élevées pour  $^{15}\text{N}$ -urée (50 %) sont nulles (0 %) pour  $^{15}\text{N}$ -paille. En % de  $^{15}\text{N}$  restant dans le sol en fin de culture on retrouve respectivement 17, 22 et 61 % de  $^{15}\text{N}$ -urée dans les fractions végétales (F 2000 + F 200 + F 50), organo-minérale (FOM) et hydrosoluble W. La répartition de  $^{15}\text{N}$ -paille est totalement différente : 60 % dans les fractions (F 2000 + F 200 + F 50), 30 % dans FOM et 10 % dans W. Le stockage de  $^{15}\text{N}$ -paille s'effectue donc préférentiellement dans les fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$  et celui de  $^{15}\text{N}$ -urée dans la fraction hydrosoluble W. Les valeurs pour la fraction organo-minérale FOM sont à peu près identiques.

2.8 - Comparaison de la répartition dans le sol du carbone et de l'azote issus d'un même matériau végétal (carbone-paille, azote-paille)

Les résultats sont ceux des traitements paille marquée  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ , Pm et Pm-U (tableau 15). Il sont exprimés en % de l'élément total ( $^{15}\text{N}$  ou  $^{14}\text{C}$ ) restant dans le sol en fin de culture (\*). On n'observe pas de différences notables entre les deux traitements (pas d'effet urée sur les répartitions de C-paille et N-paille).

Plus de 50 % des deux isotopes sont retrouvés dans les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ , mais les répartitions de  $^{14}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$  diffèrent sensiblement. Le rapport  $^{14}\text{C}/^{15}\text{N}$  est supérieur à 1 pour F 2000 et F 200 et inférieur à 1 pour F 50 et FOM. L'enrichissement de  $^{15}\text{N}$  des fractions fines peut s'expliquer par des accumulations absolues (apports importants d'azote) et/ou relatives (pertes par minéralisation du carbone). L'accumulation relative est un processus classique d'interprétation des diminutions des rapports C/N des végétaux en cours d'humification et suffirait à expliquer ici les différences observées. Une interprétation par accumulation absolue est envisageable aussi pour la fraction FOM car 70 % de l'azote de la paille initiale.

---

(\*) Par rapport à la dose initiale les pertes respectives pour  $^{15}\text{N}$ -paille,  $^{14}\text{C}$ -paille et  $^{14}\text{C}$ -compost sont respectivement de 0, 60 et 80 %.

est sous forme hydrosoluble pour seulement 30 % du carbone (FELLER et al., 1982 a). Or, il est probable que le stockage des formes hydrosolubles s'effectue préférentiellement dans les fractions organo-minérales FOM par voies microbiennes (bactéries de tailles inférieures à 50  $\mu\text{m}$ ) ou physico-chimique (fixation par le complexe argilo-humique) plutôt que dans les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ .

## 2.9 - Conclusions à l'Essai B1

L'ensemble de ces résultats montre que l'augmentation des teneurs en matière organique du sol, sous culture intensive de mil, à la suite d'apports combinés de paille compostée et d'urée, ne s'observe qu'après plusieurs années d'essai (\*). Cet accroissement est dû à la fois aux apports de compost (dont une partie reste stockée dans le sol) et à un apport racinaire plus élevé à la suite d'une meilleure productivité végétale.

Les augmentations (C, N) du stock organique sont dues à celles des fractions végétales de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$  alors que la fraction organo-minérale FOM (0-50  $\mu\text{m}$ ) reste constante avec un faible taux de renouvellement par les résidus de récolte apportés.

La répartition de l'azote-engrais dans le système sol-plante dépend du niveau de productivité végétale. A niveau élevé on observe, une bonne utilisation de N-urée par la plante, une réorganisation importante de N-urée dans les fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$  (grâce au système racinaire de la culture en cours) et une limitation des pertes par dénitrification, volatilisation et lessivage (faible stockage de N-urée dans la fraction hydrosoluble). A une productivité végétale médiocre correspond un faible coefficient d'utilisation de N-urée, des pertes importantes par volatilisation, dénitrification et lessivage (stockage élevé de N-urée dans la fraction hydrosoluble), une faible réorganisation de N-urée dans les fractions organiques et organo-minérales du sol. Quelque soit le niveau de productivité végétale on constate un taux faible et constant (environ 5 % de N-urée apporté) de réorganisation de N-urée dans la fraction organo-minérale de ces sols sableux.

---

(\*) il n'en est pas de même avec d'autres substrats tel le compost de coque d'arachide (Essai B2) pour lequel des augmentations intéressantes du stock organique sont observées dès la première année d'essai.

Les pertes et la répartition de l'azote dans le sol en fin de culture dépendent de la nature de l'apport. En conditions identiques les pertes par voie gazeuse sont nulles pour N-paille et très élevées pour N-urée. Le stockage dans le sol s'effectue préférentiellement dans les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$  pour N-paille et dans les fractions hydrosoluble et organo-minérale pour N-urée. Seule une productivité végétale élevée (traitement compost) peut assurer une réorganisation importante de N-urée en azote organique non hydrosoluble.

La répartition de l'azote issue des résidus de récolte apportés (paille) diffère sensiblement de celle du carbone malgré un stockage préférentiel dans les fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$ . Le rapport C-paille/N-paille est plus élevé pour les fractions grossières F 200 et F 2000 que pour les fractions fines F 50 et FOM. Ces variations peuvent s'expliquer en partie par la composition (C, N) de substances hydrosolubles de la paille initiale (contenus cellulaires).

Cet ensemble de résultats illustre pour ces sols sableux tropicaux la prédominance à court et moyen terme d'une humification par "voie résiduelle" ou "héritée" (stockage de la matière organique sous forme de résidus végétaux à divers degrés d'humification) sur une "voie soluble" (néogenèse de composés humiques à partir de monomères ou oligomères solubles provenant de la décomposition des cellules végétales ou microbiennes) ou une "voie physico-chimique" (fixation de  $\text{NH}_4^+$  ou de composés organiques par le complexe minéral). L'importance de cette "voie résiduelle" est mise en évidence non seulement pour le carbone ou l'azote des résidus apportés (stockage sous forme végétale dans les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ ) mais aussi pour l'azote-urée dont le seul stockage important en azote organique non hydrosoluble n'a pu être observé que pour le traitement compost dans les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$  ("voie racinaire"), la réorganisation dans la fraction organo-minérale restant toujours faible même en présence d'excès d'urée (traitements Paille et Témoin).

En conclusion, l'analyse de l'ensemble du système sol-plante (et non pas uniquement du sol ou de la plante) est nécessaire à la compréhension des processus d'humification et à la gestion raisonnée des différentes formes d'engrais pour la nutrition minérale de la plante et le maintien de la fertilité des sols. L'approche utilisée est adaptée à cette analyse puisqu'elle permet par une seule méthode une caractérisation des compartiments d'entrée et de stockage (\*) du système, et, par utilisation de traceurs, une mesure des pertes, exportations et transferts de matière.

- 
- (\*) - Compartiments d'entrée = fractions hydrosolubles (engrais solubles, exsudats racinaires, contenus cellulaires végétaux) et fractions non hydrosolubles (parois cellulaires végétales)  
- Compartiments de stockage = sol (fractions végétales, organo-minérales, et hydrosolubles).

3 - ESSAI B2 - Essai "Paille Compost"

Sol Dior, Bambey

Comparaison de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la productivité végétale et la fertilisation du sol.

Responsable de l'essai : F. GANRY (ISRA)

- . Mise en place de l'essai - 1975
- . Analyses matière organique, 1976 et 1977, après 1 enfouissement de résidus de récolte (1976) et étude des arrière-effets (1977)

Cet essai a pour objectif l'étude de l'effet de divers enfouissement de résidus de récolte (pailles de mil et de sorgho et leurs composts, coque d'arachide et son compost) sur la productivité végétale du mil.

Les résultats agronomiques ont été publiés par GUEYE et GANRY (1978). On constate que le compostage des résidus de récolte avant enfouissement supprime l'effet dépressif des pailles et coques sur le rendement du mil en matière sèche et azote pour les pailles et les grains.

L'étude sur la matière organique du sol est en cours de publication (FELLER et GANRY, 1982). Les résultats apparaissent dans le tableau 16. La méthode de fractionnement utilisée est la Méthode 1. Nous ne rappellerons que les conclusions de ce travail :

- 1) des six amendements organiques étudiés, seuls la coque d'arachide et son compost permettent d'améliorer par un apport unique de 8 à 10 T/ha, le stock organique du sol,
- 2) cette augmentation s'observe encore en arrière-effet après une deuxième saison des pluies,
- 3) le compostage de la coque d'arachide présente les avantages suivants :
  - l'augmentation des teneurs en matière organique avec des enfouissements de coque d'arachide n'est due qu'à une faible décomposition de celle-ci (enrichissement de la seule fraction ML1) alors que l'amélioration pour le compost est liée à une bonne décomposition du résidu végétal apporté, et à son humification (transfert du carbone de la fraction ML1 vers les fractions ML2 et FL)

4 - ESSAI B3 - Essai "Brulis-Mulch-Labour"

Sol Dior, Bambey

Effet de diverses techniques culturales (pailles brulées, pailles enfouies ou mulch pailleux) sur l'enracinement du mil et de l'arachide et les propriétés physiques du sol.

Responsable de l'essai : J.L. CHOPPART (ISRA)

- . Mise en place de l'essai - 1976
- . Analyses matière organique, 1978, après 2 cycles culturaux.

Cet essai a pour objectif l'étude de l'effet de diverses techniques culturales impliquant le recyclage de résidus de récolte (mulch, brulis ou enfouissement de pailles de mil) sur l'enracinement du mil et de l'arachide et les propriétés physiques du sol.

A l'heure actuelle nous ne connaissons ni les résultats agronomiques ni ceux concernant les propriétés du sol (\*).

Les quantités apportées correspondent au poids de paille récoltée soit : /ha (\*\*).

Les traitements suivants sont étudiés (prélèvements de sol après récolte) :

Culture MIL

B = brulis des pailles

M = mulch pailleux

L = enfouissement des pailles par labour

Culture ARACHIDE

B = brulis des pailles

L = exportation des résidus de récolte, labour de fin de cycle

Les horizons de 0-10 et 10-20 cm sont analysés et le fractionnement du sol est effectué par la Méthode 2.

Avant d'interpréter les résultats, signalons que les échantillons de sol analysés n'ont pas la même texture. Pour les traitements MIL (B et M) la fraction FOM représente en moyenne 10 % du poids de sol alors que pour les autres traitements MIL (L) et ARACHIDE (B et L) elle n'en représente que 7 %. Ces différences sont significatives. La fraction FOM constituant plus de 50 % du carbone total

---

(\*) A inclure dans ce travail

(\*\*) A compléter

- le stock d'azote du sol diminue avec les enfouissement de coque d'arachide ce qui n'est pas le cas pour le compost.

En conclusion, la coque d'arachide compostée semble être un résidu de récolte particulièrement intéressant pour le maintien ou l'amélioration du stock organique du sol. Un seul apport de 8 T/ha paraît exercer les mêmes effets, sur le bilan du carbone, que quatre enfouissements annuels successifs de compost de paille de mil (Essai B1).

Contrairement aux pailles, l'enfouissement ne nécessite pas de broyage préalable.

Les études à venir sur cet amendement organique devraient s'attacher à résoudre particulièrement les deux questions suivantes :

- quelle est la durée minimum de compostage nécessaire à l'obtention d'une bonne décomposition de la coque d'arachide dans le sol ?
- quels sont les facteurs physiques, chimiques ou biologiques qui facilitent cette décomposition ?

A l'heure actuelle nous n'avons pas de réponse à ces questions. Il faudrait mettre en place de nouveaux essais au champ.

5 - ESSAI B4 - Essai Mulch"

Sol Dior, Bambey

Effet du Mulch sur les caractéristiques hydrodynamiques du sol

Responsable de l'essai : F. DANCETTE (ISRA)

- .. Mise en place de l'essai - 1975 (?) (\*)
- . Analyses matière organique en 1978 après 3 cultures de mil avec ou sans Mulch pailleux correspondant au double tonnage des pailles récoltées soit: TMS/ha/an (\*)

Cet essai a pour objectif l'étude des propriétés hydrodynamiques du sol Avec ou Sans Mulch.

A l'heure actuelle nous ne disposons, ni des résultats agronomiques, ni des conclusions concernant la physique du sol (\*)

Deux traitements ont été analysés :

AVEC MULCH Parcelles 21 et 24 (P21 et P24)

SANS MULCH Parcelles 22 et 23 (P22 et P23)

D'après les résultats du fractionnement granulométrique de la matière organique il apparaît que le sol de la parcelle 24 a une texture très différente des autres parcelles et ne peut donc leur être comparé . En effet le poids des fractions FOM (0-50  $\mu$ m) sont respectivement égaux à 9, 9, 9 et 15 % pour les parcelles P21, P22, P23 et P24. Pour l'interprétation des résultats nous n'avons donc conservé que ceux de la parcelle 21 pour le traitement Mulch et la moyenne de ceux des parcelles 22 et 23 pour le traitement témoin sans Mulch.

Avec Mulch, le stock organique est plus élevé que pour le traitement Témoin (tableau 18). Les différences sont dues aux fractions F 2000 et FOM. On constatera l'étonnante similitude de ces résultats avec ceux de l'essai B3 (Mulch-Labour) : les fractions organiques végétales supérieures à 50  $\mu$ m (F 200 et F 50) ne sont pas enrichies par le Mulch.

---

(\*) à vérifier et/ou à compléter.

Ces variations texturales peuvent influencer notablement sur les résultats obtenus, la teneur initiale en matière organique du sol n'étant pas identique pour tous les traitements. En toute rigueur, il est donc difficile de comparer pour le sol total et la fraction FOM ces deux groupes de traitements. Par contre l'influence de la granulométrie est probablement négligeable sur les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ .

Les bilans en C, N, S et P sont présentés dans le tableau 17. Le traitement Mulch se distingue des autres traitements par des teneurs plus élevées en C, N, S, P. Les différences portent surtout sur les fractions F 2000 et FOM. L'effet est sensible sur les deux horizons 0-10 et 10-20 cm. L'enrichissement de la fraction F 2000 est due aux résidus végétaux autres que les racines vivantes. C'est un effet direct du mulch de paille (stockage de résidus de paille supérieures à 2 mm). L'augmentation des teneurs en carbone de la fraction FOM conduit à l'hypothèse (à vérifier) que, dans le cas du Mulch, les éléments hydrosolubles des pailles (contenus cellulaires) pourraient enrichir le stock organique du sol, les parois cellulaires étant partiellement retrouvées dans la fraction F 2000. Il est intéressant de constater aussi l'absence de variations des fractions F 200 et F 50 et qui suppose sur 0-10 cm de sol une faible incorporation et /ou une forte minéralisation de la couverture pailleuse.

Comparés aux autres traitements (Mulch excepté), les teneurs des fractions F 200 et F 50 du traitement Arachide-Labour sont plus élevées. Peut-être s'agit-il là d'un arrière effet d'une jachère longue durée qui avait précédé la mise en place de ce traitement (?).

En conclusion de cet essai, nous retiendrons que l'augmentation du stock organique du sol observée à la suite du Mulch, est due aux fractions F 2000 et FOM. Le Mulch se distingue donc très nettement des enfouissements des pailles ou de compost pour lesquels les augmentations observées (lorsqu'elles existent) sont liées à celles des fractions végétales F 200 et F 50.

6 - ESSAI B5 - Essai "Entrainement des matières organiques dans le profil cultural"

Sol Dior, Bambey

Etudier au cours d'une saison des pluies l'entraînement dans le sol des matières organiques d'une "poudrette" (fumier)

Responsable de l'essai : J.J. DREVON

. Mise en place de l'essai - 1978

. Analyses matière organique 1978

6.1 - Objectif de l'étude et protocole

Le fumier non enfoui peut exercer en conditions de sécheresse un effet dépressif sur les plantes (limitation du développement du système racinaire). Peu d'agriculteurs peuvent envisager un labour. Il est proposé d'utiliser une "poudrette" (fumier piétiné par les animaux et donc finement divisé) et de vérifier à partir d'une expérimentation sur colonnes de sol si au cours d'une saison des pluies les matières organiques de la "poudrette" peuvent être entraînées en profondeur.

Sept traitements sont mis en place dont deux ont été suivis par nous-mêmes pour la matière organique (P1 et P4).

Traitement P1 - Application en surface de poudrette. Poids équivalent à 2 TMS/ha

Traitement P4 - Application en surface de poudrette. Poids équivalent à 10 TMS/ha

On détermine par fractionnement granulométrique (Méthode 2) la composition de la poudrette et les teneurs en carbone pour le sol témoin initial (T,  $t_0$ ), le même sol après 90 jours (T,  $t_{90}$ ) pour les traitements P1 ( $t_0$  et  $t_{90}$ ) et P4 ( $t_0$  et  $t_{90}$ ). Les sols, avant mise en place dans les colonnes, sont tamisés à 2 mm et débarrassés des résidus végétaux de tailles supérieures à 2 mm. La poudrette ne contient pas de résidus végétaux de tailles supérieures à 2 mm.

Les autres détails opératoires (date d'arrosage, quantité etc...) sont décrites dans DREVON (1978).

6.2 - Résultats

Les résultats sont portés dans le tableau 19 et sont schématisés sur la figure 6.

### Composition de la poudrette

Le carbone se répartit comme suit : 63 % dans F 200 (200-2000  $\mu\text{m}$ ), 20 % dans F 50 (50-200  $\mu\text{m}$ ), 16 % dans FOM (0-50  $\mu\text{m}$ ) et 3 % sous forme hydrosoluble W<sup>(\*)</sup>.

### Sol témoin

La perte de carbone par minéralisation au cours de l'expérimentation est d'environ 0,3 % (soit 17 % du carbone total) portant essentiellement sur la fraction F 200 et faiblement sur la fraction F 50.

### Traitement P1 et P4

L'apport de 2 TMS Poudrette/ha n'augmente que faiblement la teneur initiale du sol (1,81 à 2,12 %) mais l'apport de 10 T/ha est nettement sensible (1,81 à 3,31 %). Pour le traitement (P1, t90) en fin d'expérience les teneurs en carbone total dans tous les horizons sont à peu près identiques à celles du témoin (T, t90). On notera simplement une valeur sensiblement plus élevée pour l'horizon 25-35 cm. Ceci correspond à une moins bonne minéralisation de la matière organique au cours de l'expérience due probablement à une humidité plus faible de cet horizon par rapport aux horizons supérieurs (\*\*). Il n'y a donc pas d'entraînement décelable de matière organique dans le profil pour ce traitement.

Pour le traitement (P4, t90) les teneurs de l'horizon 0-5 cm (C % = 2,40) sont nettement plus élevées que pour (T, t90) (C % = 1,50). Les augmentations sont dues à la fraction F 200 la plus grossière. La poudrette ne s'est donc pas entièrement décomposée.

Dans l'horizon 5-15 cm (C % = 1,75) la différence observée avec (P1, t90) (C % = 1,25) est certainement due à une contamination de l'horizon au moment du prélèvement par l'horizon sus-jacent. En effet, un entraînement de matières organiques dans le profil aurait enrichi la fraction fine FOM et non pas les fractions plus grossières F 200 et F 50.

Remarquons pour l'horizon 25-35 cm de (P4, t90) le même effet que celui observé pour (P1, t90) : faible minéralisation de la matière organique du sol.

---

(\*) dans la suite des résultats FOM et W ont été regroupés en une même fraction.

(\*\*) à vérifier.

Par rapport à l'objectif fixé, il n'y a donc pas d'entraînement de matières organiques dans le profil à la suite d'apports de "poudrette" en surface. Ce résultat n'est pas étonnant, à posteriori, si l'on considère la composition granulométrique de la poudrette initiale qui ne contient que 15 % de carbone sous une forme inférieure à 50  $\mu\text{m}$  et probablement très peu sous forme inférieure à 2  $\mu\text{m}$  (équivalence avec les migrations d'argile dans les études pédologiques). Compte-tenu des doses apportées, même si le phénomène existait, il n'aurait pas été décelable dans cette expérimentation.

Par comparaison de la quantité de poudrette apportée dans le traitement P4 et des résultats (T,  $t_{90}$ ) et (P4,  $t_{90}$ ) on peut calculer (2,40-1,49) que 0,91 gC/kg sol (0-5 cm), soit 61 % de la poudrette initiale, sont encore présents en fin d'expérience.

Cette valeur relativement élevée est liée aux conditions de l'expérimentation : absence de plante et d'apports azotés qui stimulent l'activité de la microflore.

Enfin, la comparaison (T,  $t_{90}$ ) et (P4,  $t_{90}$ ) pour l'horizon 0-5 cm met en évidence que ce sont surtout les fractions F 200 et F 50 qui restent enrichies en carbone après une saison des pluies, la fraction F 0 M gardant une valeur à peu près constante. Ce résultat est à rapprocher de ceux de l'essai B1 (enrichissement des fractions F 200 et F 50 de tailles supérieures à 50  $\mu\text{m}$ ).

7 - ESSAI B6 - Essai "engrais azotés compatibles" (en serre)

Soil Dior, Bambey

Comparaison de divers engrais chimiques et organiques sur la nodulation du soja et les variations du stock organique du sol

Responsable de l'essai : H. SAINT-MACARY (ORSTOM)

- . Mise en place de l'essai - 1978
- . Analyses matière organique - 1978

L'objectif de cet essai est la recherche d'engrais dits "compatibles" (chimiques ou organiques) qui n'inhibent pas la fixation d'azote atmosphérique. On étudie aussi l'influence de ces apports sur le stock organique du sol à la suite d'une culture de soja (Var. Jupiter). L'expérimentation est menée en serre et comporte deux doses d'apports azotés par traitement, équivalentes à 30 et 60 kg N/ha.

Le sol utilisé est un sol Dior (Bambey) dont on a extrait (Méthode 1) les matières organiques libres ML1 et ML2. Il est donc constitué de la seule fraction liée FL. Les fractions ML1, ML2 et d'autres formes azotées sont ensuite ajoutées séparément au sol afin de pouvoir étudier l'effet, sur la nodulation, d'apports de matières végétales de différentes natures ou à divers degrés d'humification.

Les traitements sont résumés dans le tableau 20. Hormis le traitement To tous les traitements sont inoculés par un rhizobium inclus dans un gel de polyacrylamide.

Poids des parties aériennes et des nodules, activité réductrice de l'acétylène (ARA)  
(Tableau 21)

On notera simplement les effets dépressifs des pailles (P30, P60, RP30) et témoins non inoculé (To) et les effets positifs du fumier (surtout à la dose F60). Les autres traitements sont à peu près équivalents ou intermédiaires entre ces deux pôles.

Bilan en carbone après culture

Nous rappelons que la teneur initiale en carbone du sol (fraction FL seule) sans les apports est de 1,40 %.

On notera :

- la diminution importante des teneurs de la fraction FL pour tous les traitements,

- les effets améliorants du fumier comparé aux autres traitements puisque la diminution de FL est moins accentuée, que la production racinaire est plus forte (identique à urée-formaldehyde) et que le bilan global exprimé par le rapport C sol initial + C apport / C sol final est <sup>le</sup> plus élevé des traitements avec apports végétaux.

### Conclusions

Cette expérimentation met en évidence, une fois de plus, les effets améliorants du fumier sur l'ensemble des propriétés du système sol-plante.

8 - ESSAI D - Essai "Interactions Paille-Azote en sol gris"

Sol gris, Dianaba, Casamance

Culture de riz avec ou sans enfouissement annuel  
de paille de riz, avec et sans azote-urée

Responsable de l'essai : F. GANRY (ISRA)

- . Mise en place de l'essai - 1974
- . Analyses matière organique, 1978, après 4 années d'essais

Cet essai a pour objectif l'étude des interactions paille de riz enfouie / azote-urée sur la productivité rizicole et la fertilité des sols gris de Casamance.

A l'heure actuelle nous ne disposons ni des résultats agronomiques de cet essai, ni des analyses générales de sol. (\*)

L'étude de la matière organique a été effectuée selon la Méthode 2. Le bilan du carbone est présenté dans le tableau 22

La granulométrie est très hétérogène sur les différentes parcelles. Ci-dessous les poids respectifs des fractions F O M en % du poids total de sol :

F O M (E <sup>-</sup> N <sup>-</sup> )	=	46 %
(E <sup>-</sup> N <sup>+</sup> )	=	34 %
(E <sup>+</sup> N <sup>+</sup> )	=	73 %
(E <sup>+</sup> N <sup>-</sup> )	=	68 %

La comparaison des traitements est donc pratiquement impossible et nous présentons seulement les résultats à titre de mémoire.

---

(\*) A compléter.

9 - ESSAI Z - Essai "Amélioration foncière des sols de rizière"

Sol sulfaté acide, Ziguinchor

Comparaison de l'enfouissement de divers résidus rizières sur la productivité végétale et la fertilité du sol

Responsable de l'essai : F. TOURE

- . Mise en place de l'essai - 1976
- . Analyses matière organique, 1976 et 1979, après un enfouissement (1977) et 3 enfouissements (1979) de résidus de récolte et double culture annuelle de riz

Cet essai a pour objectif l'étude de l'effet dose et nature de divers enfouissements de résidus de récolte (pailles de riz, compost et fumier de paille de riz) sur la productivité végétale en sol de rizière et la fertilité du sol.

Les résultats agronomiques ont été publiés par TOURE ( ). L'essai comporte 3 traitements : P (Paille), F (Fumier), C (Compost) à 4 doses de matière sèche (0,5 , 10 et 20 TMS/ha/an). Deux récoltes de riz sont effectuées par an. L'enfouissement des résidus végétaux se fait après la récolte de contre-saison (Juin) et les prélèvements pour l'étude de la matière organique quelques jours avant.

La première année (1977) le sol a été analysé par la Méthode 1. Compte-tenu de l'hétérogénéité des parcelles aucune différence significative n'est apparue dans les résultats, ni effet traitement, ni effet dose. Les résultats ne sont pas rapportés ici.

Les échantillons de la troisième année (1979) ont été analysés par la Méthode 2 à partir de prélèvements importants de sol (environ 130 kg/échantillon) pour les doses 0, 10 et 20 TMS/ha/an.

Les bilans en C, N, S et P (1979) sont portés dans le tableau 23 et sont schématisés pour le carbone sur la figure 7

Signalons, que les granulométries moyennes des traitements Paille et Compost diffèrent notablement de celle du traitement Fumier :

Traitement paille, poids F O M = 19 % du poids du sol

Traitement compost, poids F O M = 23 % du poids du sol

Traitement fumier, poids F O M = 34 % du poids du sol

La comparaison paille et/ou compost avec fumier n'est donc pas possible pour les teneurs en C, N, S et P du sol total ou de la fraction F O M.

(\*) à compléter

### Bilans carbone et azote

Les teneurs en C du sol pour les trois traitements augmentent avec la dose d'apport organique.

Pour la paille, l'augmentation est due essentiellement à la fraction organo-minérale FOM, pour le compost aux fractions F 200 et FOM et pour le fumier à l'ensemble des fractions F 50, F 200, et FOM.

La différence avec les essais sur Sol Dior (B1, B2, B5) porte ici (sols inondés) sur l'augmentation systématique de la fraction organo-minérale FOM. Cette différence peut être due soit à celle des processus d'humification en conditions d'hydromorphie, soit à des granulométries initiales non identiques des composts ou fumiers de pailles de mil ou de riz.

Par contre, il faut noter pour le traitement paille un comportement similaire aux Mulchs pailleux des sols Diors (B3 et B4) puisque les fractions F 200 et F 50 restent inchangées pour les différentes doses et que seule la fraction FOM est enrichie par les apports de paille.

Les teneurs en azote du sol augmentent aussi avec les apports organiques mais les valeurs les plus élevées sont systématiquement observées pour les doses 10 T/ha. Nous n'avons pas d'explication pour cette observation.

### Bilans soufre et phosphore

Les teneurs en soufre et phosphore totaux (\*) ne diffèrent pas selon les doses d'apports organiques. Seul le traitement fumier présente des teneurs plus élevées dues à celles de la fraction F 0 M (hétérogénéité des textures pour les différents traitements).

On notera que les teneurs en soufre non hydrosoluble pour cet essai ne sont que de 2 à 3 fois supérieures à celles des sols Dior (Essais B1 et B3), valeurs très faibles pour un sol initialement sulfaté acide (\*\*)

Les teneurs en phosphore sont faibles, d'un ordre de grandeur identique à celles des sols Dior (essais B1 et B3)

En conclusion de cet essai on notera :

- 
- (\*) Les fractions hydrosolubles W n'ont pas été analysées. Il est donc possible qu'une fraction non négligeable du soufre ne soit pas dosée ici.
- (\*\*) Les dosages identiques sur un sol sulfaté acide non cultivé donnerait des teneurs en soufre de l'ordre de 2 % (Feller, Marius, résultats non publiés)

- l'augmentation des teneurs en matière organique avec la dose d'apport,
- la similitude du traitement paille avec les mulchs pailleux des sols Dior exondés (essais B3 et B4),
- la différence des traitements compost et fumier avec ceux des sols Dior exondés (essais B1, B2 et B5).
- la diminution des teneurs en soufre des horizons de surface à la suite de la mise en culture.

10 - ESSAI S - Amélioration de la fertilité des sols de défriche ancienne et maintien de la fertilité des sols défriche récente.

Sol ferrugineux tropical lessivé, SEFA, Casamance Continentale

Cultures diverses

Responsable de l'essai : S. DIATTA (ISRA)

- . Mise en place de l'essai 1972
- . Analyses matière organique, 1975, après 3 années d'essai
- . Etude par extraction chimique de la matière organique

L'objectif de l'essai est la recherche de techniques, en culture intensive, permettant d'une part l'amélioration de la fertilité de sols dégradés de défriche ancienne (SEDHIOU défriche 90 ans), d'autre part, la limitation de la chute de fertilité observée à la suite de défriche récente (MANIORA II, défriche actuelle) Aucune étude granulométrique de la matière organique n'a été effectuée pour cet essai (\*), seuls des fractionnements chimiques (acides humiques, fulviques, humine) et des tests de minéralisation du carbone (respirométrie) ont été entrepris.

Nous présentons, ci-dessous les principales conclusions de ce travail. (Fig. 8). Cette double expérimentation tend à montrer que l'équilibre organique des sols cultivés de Casamance continentale oscille entre deux positions extrêmes :

- celle du témoin sous forêt (MAF) et
- celle du sol dégradé cultivé traditionnellement depuis plus de 90 ans (SEB2).

La mise en culture de la végétation naturelle conduit à une diminution du stock organique du sol. Celle-ci est limitée par l'utilisation d'engrais.

On assiste dans tous les cas à une diminution de l'activité biologique et une dépolymérisation relative de la matière organique par perte d'une fraction de l'humine et des acides humiques (\*\*).

Enfin, le passage forêt-culture est marqué par la disparition d'une partie des liaisons C-H aliphatiques des acides humiques (résultat non présenté ici).

Les essais de redressement de la fertilité d'un sol dégradé cultivé traditionnellement depuis 90 ans, montrent que les amendements organiques (paille, fumier) exercent un effet bénéfique sur le sol, effet particulièrement net avec le fumier mais

---

(\*) A faire

(\*\*) Cette dépolymérisation à la suite de la mise en culture a déjà été observée lors d'une étude précédente (FELLER, 1977) sur les sols des Terres-Neuves Sénégal Oriental et sur des sols identiques par FAUCK et al. (1969).

plus faible avec la paille. L'apport de fumier permet non seulement une augmentation des teneurs en carbone mais tend aussi à déplacer l'équilibre organique du sol dégradé vers celui du témoin sous forêt par augmentation des teneurs en acides humiques et humine et amélioration de l'activité biologique globale.

- 11 - ESSAI N - Essai culture fourragère irriguée  
Sol hydromorphe à pseudogley, NIANGA,  
vallée du fleuve Sénégal  
Culture de Brachiaria sous irrigation  
Responsable de l'essai : SAED. Prélèvements  
E BRAUDEAU (ORSTOM).

- . Mise en place de l'essai - 1977
- . Analyse matière organique, 1978, après deux cycles de culture de Brachiaria.

L'objectif de l'essai est l'étude des possibilités de l'irrigation sur des sols faiblement salés pour une mise en culture fourragère.  
Nous comparons ici une parcelle témoin non cultivée et non irriguée PNAN 2 (simple paturage après saison des pluies) à une parcelle irriguée et cultivée en Brachiaria PNAN 1. Les prélèvements ont lieu en fin de culture fourragère. Le bilan en carbone est présenté dans le tableau 24

On notera la très forte augmentation des teneurs en carbone après seulement deux années d'essai. Ces augmentations portent sur l'ensemble des fractions mais surtout sur la fraction F 200 ce qui met en évidence le rôle essentiel du système racinaire de cette culture pour l'amélioration du stock organique du sol.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS GENERALES

L'ensemble de ces résultats peut être présenté selon trois niveaux d'approche.

- méthodologique : caractérisation de la matière organique,
- dynamique : étude des processus d'humification des matières organiques exogènes
- phénoménologique : effets des apports végétaux sur le fonctionnement du système sol-plante (stockage organique et minéral, productivité végétale)

### 1 - ETUDE METHODOLOGIQUE, CARACTERISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL

#### 1.1 - Quelques réflexions préliminaires...

La caractérisation de la matière organique des sols s'effectue habituellement par des extractions chimiques. Les composés organiques obtenus sont donc définis en référence à une méthode d'extraction: acides humiques, fulviques, et humine. Il est reconnu que ces composés ont une existence réelle dans le sol mais leur distinction sur le plan physico-chimique n'est pas toujours facile à établir. (\*)

Par ailleurs, il est souvent difficile d'expliquer les variations observées entre plusieurs situations écologiques ou agronomiques à partir des seuls résultats du fractionnement chimique de la matière organique pour la simple raison que nos connaissances du rôle de ces composés organiques dans les processus pédologiques (physiques, chimiques ou biologiques) et les relations sol-plante sont encore réduites.

Aussi, à l'heure actuelle, les extractions acido-alcalines pour la caractérisation du pôle carboné de la matière organique (AH, AF, HU) et, dans une moindre mesure, les hydrolyses acides pour l'étude des différentes formes d'azote organique (méthode BREMNER) sont davantage des méthodes comparatives que des méthodes explicatives. A ce niveau, elles rendent des services considérables, en permettant, sous forme de test, de révéler et suivre les équilibres organiques des agro-ou écosystèmes.

---

(\*) Par exemple, l'humine ne correspond pas à une matière organique bien définie puisqu'elle est formée d'un mélange de composés humiques solubles (après destruction du squelette minéral du sol), insolubles et de matières organiques figurées. Dans certains types de sols une fraction des acides humiques, précipitée en milieu acide, peut être redissoute dans le même milieu. Inversement, une fraction des acides fulviques peut précipiter après leur extraction. Les caractéristiques des acides humiques et fulviques sont parfois proches (groupes fonctionnels, densités optiques etc...).

Nous pensons néanmoins que cette approche est insuffisante, et, que dans une chaîne méthodologique, ces fractionnements chimiques ne devraient pas en constituer le maillon initial.

En effet, avant d'être humus (s.s.) la matière organique du sol est essentiellement végétale, animale et/ou microbienne sous forme de bio-ou nécromasse. D'autre part, les relations sol-plante qui ont lieu au niveau de la rhizosphère font intervenir le système racinaire de la plante, les microorganismes qui y sont associés et la solution du sol.

De cet ensemble de constatations il ressort que les méthodologies mises en oeuvre pour l'étude des processus d'humification et des relations sol-plante (où la matière organique joue un rôle considérable) devraient s'attacher en premier lieu à définir, séparer et caractériser les compartiments organiques suivants :

- biomasse et nécromasse végétale,
- biomasse et nécromasse animale,
- biomasse et nécromasse bactérienne et fongique,
- composés humifiés non hydrosolubles à structures végétales et microbiennes non reconnaissables,
- composés hydrosolubles.

Nous n'insisterons pas sur les difficultés concernant la définition même de ces compartiments (où se trouve la limite du "vivant" ? structures végétales ou microbiennes reconnaissables ou non ?). Ces problèmes ont été résumés récemment par MANGENOT (1982). Il n'empêche qu'une recherche centrée sur ces compartiments, regroupés ou non, doit être poursuivie. Exceptée l'extraction par l'eau pour les composés hydrosolubles, les solvants chimiques n'étant pas sélectifs vis à vis des différentes formes de matière organique du sol (matières organiques végétales microbiennes ou humus s.s.) ne peuvent être utilisés seuls et doivent être associés à des fractionnements physiques (granulométrie et/ou densimétrie). Il est toutefois certain que le pouvoir de séparation des méthodes physiques est limité (en particulier pour l'isolement de la bio- ou nécromasse microbienne) par suite des fortes interactions (liaisons, protections...) entre matières organiques et minérales. Des méthodes indirectes (comptages, fumigation etc...) doivent donc être utilisées.

Toutefois, appliqué aux problèmes de l'humification des résidus végétaux, le schéma, dans une première étape, peut être simplifié en distinguant uniquement matière végétale figurée, humus s.s. (matières organiques non figurées) et composés hydrosolubles.

## 1.2 - Retour à notre étude

La méthode présentée dans ce travail permet cette séparation. La coupure entre matières végétales figurées, (FO 2000, FO 200, FO 50)<sup>(\*)</sup> et complexe organo-minéral FOM<sup>(\*)</sup> (humus s.s.), est réalisée par un tamisage du sol sous eau à 50  $\mu\text{m}$ <sup>(\*\*)</sup> après destruction des micro-agrégats. Les composés hydrosolubles W sont extraits par les eaux de fractionnement.

Les avantages techniques de la méthode sont les suivants :

- les poids de sol traités peuvent être importants,
- pour les sols sableux très pauvres en matière organique, 90 % de celle-ci sont concentrés dans 10 % du poids de sol initial, ce qui facilite les analyses ultérieures,
- l'altération des constituants organiques est faible puisque le seul agent chimique est l'eau,
- enfin, les coupures choisies peuvent être augmentées, regroupées ou même changées selon les objectifs de l'étude. Seul le tamisage à 50  $\mu\text{m}$  nous paraît devoir être systématiquement conservé.

La caractérisation chimique et biochimique de ces fractions montre que l'humification des matières végétales augmente lorsque leur taille diminue (FO 2000, FO 200, FO 50). On observe une diminution des rapports C/N, C/S, C/P, MC/L, une augmentation des rapports NDF/CC, AH/AF et du taux d'extraction des composés humiques<sup>(\*\*\*)</sup>. En absence d'apports végétaux pré-humifiés (compost) les fractions FO 2000 et FO 200 ont des caractéristiques morphologiques et chimiques proches (humification faible) tandis que la fraction FO 50 (50-200  $\mu\text{m}$ ) se distingue nettement des précédentes par un degré d'humification plus important. Elle est constituée essentiellement de résidus fibreux humo-ligneux et sa biodégradabilité faible est proche de celle de la fraction organo-minérale FOM.

L'extraction alcaline (méthode DABIN 1971) des fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$  laisse un résidu organique qui peut être considéré comme une fraction de l'"humine héritée". Par la méthode utilisée ici cette forme d'humine représente dans ces sols

---

(\*) FO 2000 = fraction organique supérieure à 2000  $\mu\text{m}$ , FO 200 = taille 200-2000  $\mu\text{m}$ , FO 50 = taille 50-200  $\mu\text{m}$ , FOM = fraction organo-minérale 0-50  $\mu\text{m}$ , W = fraction hydrosoluble.

(\*\*) D'après les recherches bibliographiques que nous avons menées il semble que la frontière théorique entre ces deux domaines varie (selon les conditions du milieu et les moyens d'identification dont on dispose) de 20 à 50  $\mu\text{m}$ . Sur le plan pratique une séparation à 50  $\mu\text{m}$  est plus aisée à mettre en oeuvre que celle à 20  $\mu\text{m}$ .

(\*\*\*) Abréviations : C = carbone, N = azote, S = soufre, P = phosphore, MC = matières cellulosiques, L = lignine-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NDF = "fibre cellulaire", CC = contenu cellulaire AH = acide humique, AF = acide fulvique.

sableux environ 25 % de la matière organique totale du sol. Par les méthodes strictement chimiques, l'isolement de cette forme d'humine nécessite un processus analytique long et destructif (extraction des composés humiques, destruction du squelette minéral, séparation densimétrique), ce qui n'est pas le cas ici.

La caractérisation minérale (Ca, Mg, K) des matières végétales n'a été que brièvement abordée et demanderait à être confirmée : accumulation relative de Ca et Mg et perte de K au cours des premiers stades d'humification des résidus végétaux.

Les trois compartiments retenus sont donc bien définis (fractions végétales plus ou moins humifiées, fraction organo-minérale ou complexe argilo-humique, fraction hydrosoluble), aisés à séparer et caractérisés par des variations importantes de leurs propriétés morphologiques, biologiques et chimiques

## 2 - ETUDE DYNAMIQUE. PROCESSUS D'HUMIFICATION DES RESIDUS DE RECOLTE .

Les processus d'humification dans les sols peuvent schématiquement se distinguer en :

- humification par héritage ("voie résiduelle"): transformation oxydative "in situ" des polymères végétaux animaux ou microbiens,
- humification par néogenèse ("voie soluble") : polymérisation des monomères ou oligomères solubles issus de la décomposition des tissus végétaux animaux ou microbiens.

L'ensemble de ces processus est sous la dépendance des activités enzymatiques (intra-ou extra-cellulaires) réglées elles-mêmes par les conditions physico-chimiques du milieu.

Un fractionnement de la matière organique du sol permettant d'isoler précisément les structures végétales, microbiennes et l'humus s.s. non identifiable serait à même d'aborder avec efficacité l'étude des processus d'humification. Pour l'instant tel n'est pas le cas. Toutefois la méthode que nous utilisons lorsqu'elle est associée à des techniques de traçage ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) permet une première séparation de l'humification par héritage végétal (dans les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ ) de celle par héritage microbien et/ou par néogenèse (dans la fraction inférieure à 50  $\mu\text{m}$ ). En suivant le stockage de la matière organique dans l'une ou l'autre de ces fractions une estimation (par défaut) de l'héritage végétal peut donc être envisagée.

Nous avons vu que dans le cas des enfouissements de compost ou de paille (Essai B1, expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ ), le stockage de la matière organique (C et N) s'effectue préférentiellement dans les fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$  (respectivement

80 % et 20 % du carbone apporté restant dans le sol en fin de culture sont retrouvés dans les fractions végétales F 2000 + F 200 + F 50 et organo-minérale FOM). Ceci explique en partie les résultats au champ : augmentations des teneurs en carbone et azote totaux du sol dues aux fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ . L'humification des résidus de récolte est donc dominée dans ces sols par les processus par héritage (voie résiduelle). Des différences sensibles sont toutefois observées pour le carbone et l'azote comme l'indiquent les variations des rapports  $^{14}\text{C}$ -paille /  $^{15}\text{N}$ -paille pour les différentes fractions granulométriques du sol. Ces différences peuvent s'interpréter à partir de la composition initiale de la paille : composés hydrosolubles riches en azote (contenus cellulaires), composés non hydrosolubles pauvres en azote (parois cellulaires).

Curieusement, nous avons vu aussi que le seul stockage efficace de l'azote-engrais (urée) non exporté était celui du système racinaire (voie racinaire, azote des fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$ ) puisque dans ces sols pauvres en éléments fins la quantité d'azote réorganisé dans la fraction organo-minérale FOM est faible et constante quelque soit la productivité végétale. Ainsi la dynamique pluri-annuelle de l'azote-engrais dans ces sols sableux sera-t-elle liée aussi aux processus d'humification par héritage (humification des racines).

Par ailleurs, les résultats des essais au champ avec Mulch de paille semblent indiquer dans ce cas une prédominance des processus par néogenèse (voie soluble) puisque la fraction organo-minérale FOM est enrichie par rapport à celle des traitements témoins alors que les fractions F 200 et F 50 ne le sont pas. Des expérimentations avec traceurs seraient nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Ainsi, pour un sol donné, les techniques culturales (nature de l'amendement organique et mode d'apport) jouent un rôle important en orientant les processus d'humification des résidus végétaux. Il faut distinguer d'une part les résidus riches (pailles, fumiers) ou pauvres (pailles compostées, coque d'arachide etc...) en composés hydrosolubles et d'autre part les modes d'apport (Mulch ou Enfouissement) (\*). Les influences respectives des différents paramètres culturaux sont résumées sur la figure 9. (Celles présentées pour les paramètres édaphiques ne sont actuellement que pures hypothèses). La "voie soluble" sera favorisée en absence d'enfouissement (ou d'activité mésofaunique) en présence de matériel végétal riche en composés hydrosolubles. La "voie résiduelle" sera favorisée par l'enfouissement (et une forte activité mésofaunique) et la pauvreté du matériel végétal en composés hydrosolubles. Tous les intermédiaires sont bien sûr possibles.

---

(\*) Le problème du Mulch ne peut être traité indépendamment de celui de l'activité de la mésofaune du sol. Dans cette étude, c'est probablement la faible activité mésofaunique de ces sols (non étudiée) qui conduit à cette nette différence entre Mulch et Enfouissement par "non enfouissement biologique" du Mulch.

### 3 - ETUDE PHENOMENOLOGIQUE. ACTION DES APPORTS VEGETAUX SUR ...

- la productivité végétale et le bilan de l'azote-engrais,
- la gestion du stock organique du sol,
- la gestion du stock minéral.

#### 3.1 - Effet des apports végétaux sur la productivité végétale et le bilan de l'azote-engrais

##### Productivité végétale

Les enfouissements de compost et de fumier ont en général un effet positif sur les rendements culturaux (essais B1, B2, B6, S, Z). Nous manquons de données pour les traitements paille (essais B2, B3, B4, Z) (\*\*).

##### Bilan de l'azote-engrais

Nous rappellerons ici surtout les résultats de l'expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$  de l'essai B1. Comparé aux traitements témoin ou enfouissement de paille, l'apport de compost limite les pertes en azote-engrais par voie gazeuse (dénitrification et volatilisation) et lessivage, favorise l'utilisation de l'azote-engrais par la plante et, grâce à une productivité végétale meilleure, permet par le biais du système racinaire un meilleur stockage de l'azote-engrais dans le sol, stockage qui s'effectue essentiellement dans les fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$ .

Ces résultats sont valables pour les sols sableux exondés. Comme nous l'avons vu au paragraphe 2, les processus pourraient être différents dans d'autres conditions édaphiques.

#### 3.2 - Gestion du stock organique

Au vu des résultats obtenus dans cette étude, les paramètres intervenant dans les possibilités d'augmentation du stock organique du sol sont :

- la durée de l'essai,
- la nature et le mode des apports végétaux,
- les conditions édaphiques (hydromorphie ?),
- la fertilisation azotée.

##### La durée de l'essai

La comparaison des essais B1 (apports annuels de compost, 4 années d'essai) et B2 (1 seul apport de compost) indique que pour cet amendement aucune variation n'est

---

(\*\*) A compléter

observée les premières années d'essai et qu'il faut environ 4 années pour augmenter notablement le stock organique. Cet effet positif est encore visible la troisième année ayant suivi l'arrêt des apports organiques. Ces observations sont en accord avec les résultats de l'expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$  (essai B1) qui montrent que cet accroissement du stock organique est dû non seulement à un stockage direct d'une fraction du compost apporté, mais aussi à une augmentation des apports racinaires liée à une amélioration générale de la fertilité, donc de la productivité végétale.

Il en est de même pour l'essai Z : pas de variations significatives la première année, augmentation des teneurs en carbone après trois apports annuels successifs (paille, fumier, compost).

#### La nature et le mode des apports végétaux

Nous avons vu (essai B2) l'intérêt de l'enfouissement de compost de coque d'arachide par rapport aux composts de paille. L'augmentation du stock organique en une seule année avec le compost de coque d'arachide est équivalent à celle obtenue en 4 ans avec les composts de paille.

Le fumier, malheureusement peu utilisable actuellement dans le contexte sénégalais apparaît toujours comme l'apport le plus intéressant (essai S et Z).

La nature et le mode d'apport (comparaison des Enfouissements de compost de paille ou Mulch pailleux, essais B1, B3, B4 et Z) influent aussi sur la répartition de la matière organique dans les différentes fractions granulométriques du sol. Il semble en particulier que les mulchs de paille (essais B3, B4) favorisent un stockage de la matière organique dans la fraction organo-minérale FOM alors que le compost enfoui agisse surtout sur les fractions végétales supérieures à 50  $\mu\text{m}$  (essai B1). Nous avons attribué en partie ces différences aux faibles teneurs en composés hydrosolubles (contenus cellulaires) des résidus végétaux préhumifiés (compost) par rapport aux pailles comme l'indiquent les rapports NDF/CC de divers résidus et récolte (tableau 7). L'avantage du fumier résiderait dans le fait qu'il contienne à la fois des résidus végétaux préhumifiés et des composés hydrosolubles.

#### Les conditions d'hydromorphie

Nous n'avons que trop peu de données pour étudier l'influence de l'hydromorphie sur la répartition de la matière organique dans les différentes fractions de sol. On remarque toutefois dans le cas des sols de rizière (essai Z) ou de cultures fourragères irriguées (essai N) que les augmentations observées à la suite de divers apports végétaux (paille, fumier, compost, racine) concernent l'ensemble des fractions granulométriques du sol, contrairement aux essais sur sols exondés sableux.

### la fertilisation azotée

Les résultats de l'essai B1 ont clairement mis en évidence que seule l'association d'une fertilisation azotée et d'un amendement organique permet une augmentation du stock organique (C et N) des sols sableux.

#### 3.3 - La gestion du stock minéral

Nos résultats sont trop partiels pour tirer des conclusions précises.

Nous avons noté les accumulations relatives de P, Ca et Mg (éléments totaux) lorsqu'on passe des fractions grossières aux fractions fines mais nous manquons de données pour les fractions FL (méthode 1) et FOM (méthode 2). Par ailleurs, nous n'avons pas dosé les éléments échangeables de ces fractions.

Toutefois, comparé à Ca et Mg il faut retenir le comportement différent de K au cours du compostage des résidus de récolte ou de leur transformation dans le sol (appauvrissement). Enfin aucune accumulation de S ou P n'a été observée parallèlement à l'augmentation de C ou N.

#### 3.4 - Relations avec d'autres propriétés du sol(\*)

En conclusions générales, nous insisterons sur l'intérêt pour les sols sableux des amendements organiques préhumifiés, ce qui est bien en accord avec l'hypothèse initiale qui est à l'origine de la mise en place des essais compost. Compte-tenu des faibles teneurs en minéraux argileux de ces sols (où domine le plus souvent la kaolinite), le stockage d'une fraction de l'amendement organique sous forme de fractions "végétales" (FO 50 ou FO 200) ayant des caractéristiques déjà proches du complexe organo-minéral (FOM), prend une importance capitale. Le rôle des fractions végétales déjà humifiées (FO 50 et éventuellement FO 200) est essentiel dans les processus de stockage du carbone et de l'azote et la disponibilité de certains éléments minéraux pour la plante (azote en particulier, peut-être phosphore, étude en cours). Il reste à étudier leurs interactions avec les caractéristiques physiques (prise en masse, par exemple) et d'échange (participation des différentes fractions à la capacité d'échange), et leur influence sur l'assimilabilité de différents éléments minéraux.

La méthode par fractionnement granulométrique utilisée initialement pour l'étude de la matière organique du sol, paraît, de façon beaucoup plus générale, bien adaptée aux recherches sur les interactions sol-plante. Une seule méthode basée sur des extractions à l'eau et de simples tamisages permet une caractéristique du système sol-plante :

---

(\*) Ce paragraphe est à compléter par chacun des collaborateurs de ce travail.

- compartiments d'entrée (plante et amendement)
  - . fractions hydrosolubles : engrais solubles, exsudats racinaires, contenus cellulaires végétaux
  - . fractions non hydrosolubles : essentiellement parois cellulaires végétales
- compartiments de stockage (sol) :
  - . fraction hydrosoluble W
  - . fractions végétales FO 2000, F 200, FO 50, et organo-minérale (FOM)
- pertes, exportations et transferts de matière: associée aux techniques isotopiques, la méthode conduit à une mesure des pertes, exportations et transferts de matière dans le système sol-plante et à une première approche de la quantification des processus d'humification.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERNARDT-REVERSAT, (F.) - 1981 - Participation of light and organo-mineral fractions of soil organic matter in nitrogen mineralization in a sahelian Savana soil. Zbl. Bakt : II Abt. 136, 281-290.
- CONGRES INTERNATIONAL SCIENCE DU SOL (12e) - 1982 - New Dehli, Inde.
- DABIN, (B.) - 1971 - Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. Sci. du sol, Bull. A.F.E.S., 1, 47-63.
- DREVON, (J.J.) - 1978 - Essai entrainement des matières organiques dans le profil cultural. Rapp. mult., Février 1978, C.R.A. Bambey, Sénégal, 5p.
- DUCHAUFOR, (Ph.) - 1970 - Précis de pédologie. Masson, Paris, 481p.
- DUCHAUFOR, (Ph.) et JACQUIN, (F.) - 1966 - Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. Bull. E.N.S.A. Nancy 8, 3-24.
- FAO - 1980 - Organic recycling in Africa. FAO Soils Bulletin n° 43.
- FELLER, (C.) - 1979 - Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvre en humus. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 17, 339-346.
- FELLER, (C.), CHEVAL, (M.) et GANRY, (F.) - 1981a - Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agrosystème tropical. I. Influence d'une fertilisation azotée (urée) et d'un amendement organique (compost) sur la répartition du carbone et de l'azote dans différents compartiments d'un sol sableux. L'Agron. Trop., 26 (1), 9-17.
- FELLER, (C.), CHEVAL, (M.) et GANRY, (F.) - 1981b - II. Décomposition des résidus végétaux (compost) pendant une saison des pluies dans un sol sableux. L'Agron. Trop., 26 (1), 18-25.
- FELLER, (C.) et GANRY, (F.) - 1982 - III. Effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière organique dans différents compartiments d'un sol sableux. L'Agron. Trop., à paraître.
- FELLER, (C.), GUIRAUD, (G.), HETIER, (J.M.) et MAROL, (C.) - 1982a - Etude par fractionnement granulométrique de la matière organique d'un sol tropical cultivé en présence de résidus de récolte (<sup>14</sup>C <sup>15</sup>N) et d'urée marqués (<sup>15</sup>N). C.R. (12e) Cong. Int. Sci. Sol, New-Dehli (Inde).
- FELLER, (C.), GUIRAUD, (G.) et GANRY, (F.) - 1982b - Soil organic matter and nitrogen interaction in a tropical agrosystem. Study by size organic matter fractionation and isotope techniques. C.R. Colloque Regional sur la matière organique des sols, CENA, Piracicaba (Brésil), 185-192.

- FELLER, (C.), BERNHARDT-REVERSAT, (F.), GARCIA, (J.L.), PANTIER, (J.J.), ROUSSOS, (S.) et VANVLIET-LANOE, (B.) - 1983 - Etude de la matière organique de différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical. Effet d'un amendement organique (compost). Rapp. mult. ORSTOM (Martinique), 12p., En comité de lecture pour publication.
- FLAIG, (W.), BEUTELSPACHER, (H.) and RIETZ, (E.) - 1975 - Chemical composition and physical properties of humic substances in "Soil Component, Vol. 1, Organic components", pp. 1-212, E.J. Gieseking Ed., Springer Verlag.
- GUEYE, (F.), GANRY, (F.) - 1978 - Etude du compostage des résidus de récolte. Rapp. mult., ISRA, Bambey, Sénégal, 25p.
- MANGENOT, (F.) - 1982 - Les méthodes d'étude de la biomasse microbienne dans les sols. In C.R. Réunion du groupe Matière Organique des Sols, Bonnevaux 29-30 Avril 1982, Rapp. mult. 48p.
- O.M.A. Official method of analysis - 1975 - Crude fiber (17), Official final action. In "official Method of Analysis" p. 136 (7.054), 12 th Ed., Association of agricultural chemists.
- PERRAUD, (A.), NGUYEN KHA et JACQUIN, (F.) - 1971 - Essai de caractérisation des formes de l'humine dans plusieurs types de sols. C.R. Acad. Sci. Paris, sér. D, 272, 1594-1596.
- PICHOT, (J.) - 1975 - Le rôle de la matière organique dans la fertilité du sol. L'Agron. Trop., 30 (2), 170.
- SAUERBECK, (D.) and FUHR, (F.) - 1968 - Alkali extraction and fractionation of labeled plant material before and after decomposition. A contribution to the technical problems in humification studies, in "Isotopes and Radiation in Soil Organic Matter Studies" pp. 3-11, IAEA, Vienna.
- TOURE, (M.) -
- VAN SOEST, (P.J.) - 1963 - Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. of Ass. Off. Agric. Chem. 46, 829.
- VAN SOEST, (P.J.) and WHINE, (R.H.) - 1967 - Use of detergents in the analysis of fibrous feeds IV. Determination of plant cell-wall constituents. J. of Ass. Off. Agric. Chem. 50, 50.
- VEDY, (J.C.), DUCHAUFOUR, (Ph.) et JACQUIN, (F.) - 1973 - Relation entre le cycle du calcium et l'humification. C.R. Acad. Sci. Paris 276, 1665-1668.
- ZHIGUNOV, (A.V.) and SIMAKOV, (V.N.) - 1977 - Composition and properties of humic acids separated from decomposing plant residues. Soviet Soil Sci. 9, 687-693.

Fig. 1 - Fractionnement granulométrique de la matière organique

Méthode 1

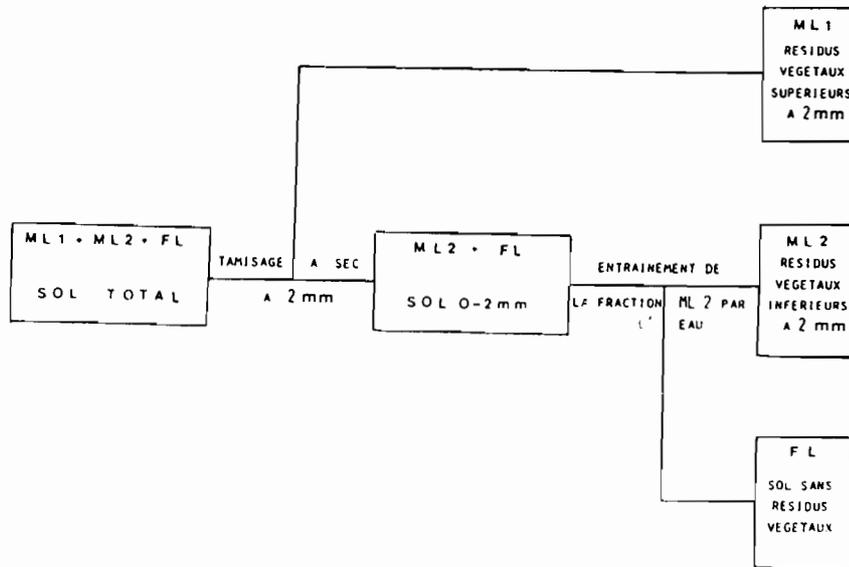
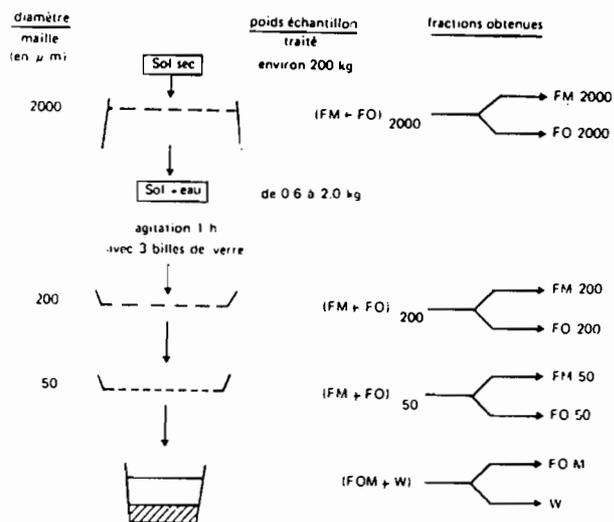


Fig. 2 - Fractionnement granulométrique de la matière organique

Méthode 2



FM = fraction essentiellement minérale (sables)  
 FO = fraction essentiellement organique  
 FOM = fraction organo-minérale (particules de taille inférieure à 50  $\mu$  m)  
 W = fraction hydrosoluble et particules en suspension dans l'eau après centrifugation.

TABLEAU 24 - Essai N. Répartition du carbone dans les fractions granulométriques du sol  
 Résultats exprimés en gC/kg sol

Parcelle	Fraction			
	F 200	F 50	FOM	TOTAL
PNAN 1	2,48	1,70	5,82	10,0
PNAN 2	0,38	1,24	4,48	6,1

Fig. 3 - Essai B1. Répartitions de C et N dans les fractions granulométriques du sol

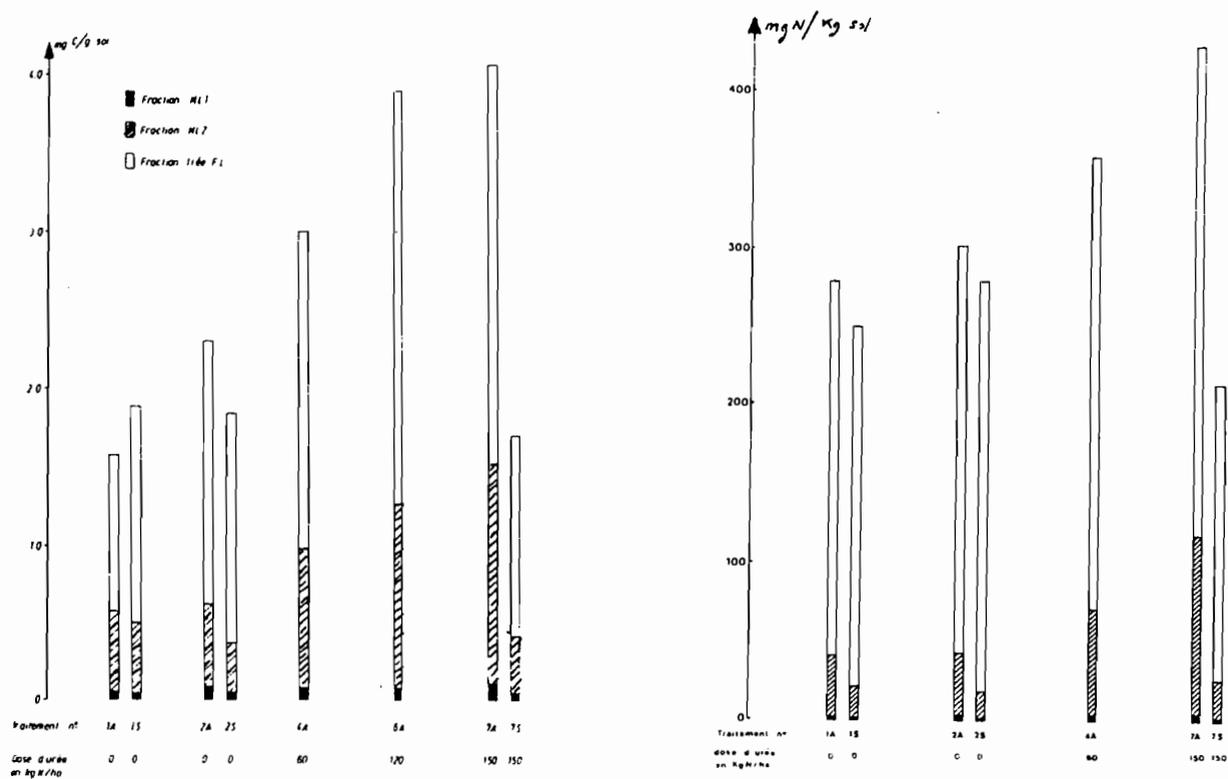


Fig. 4 - Variation des fractions ML1 et ML2 au cours d'une saison des pluies.

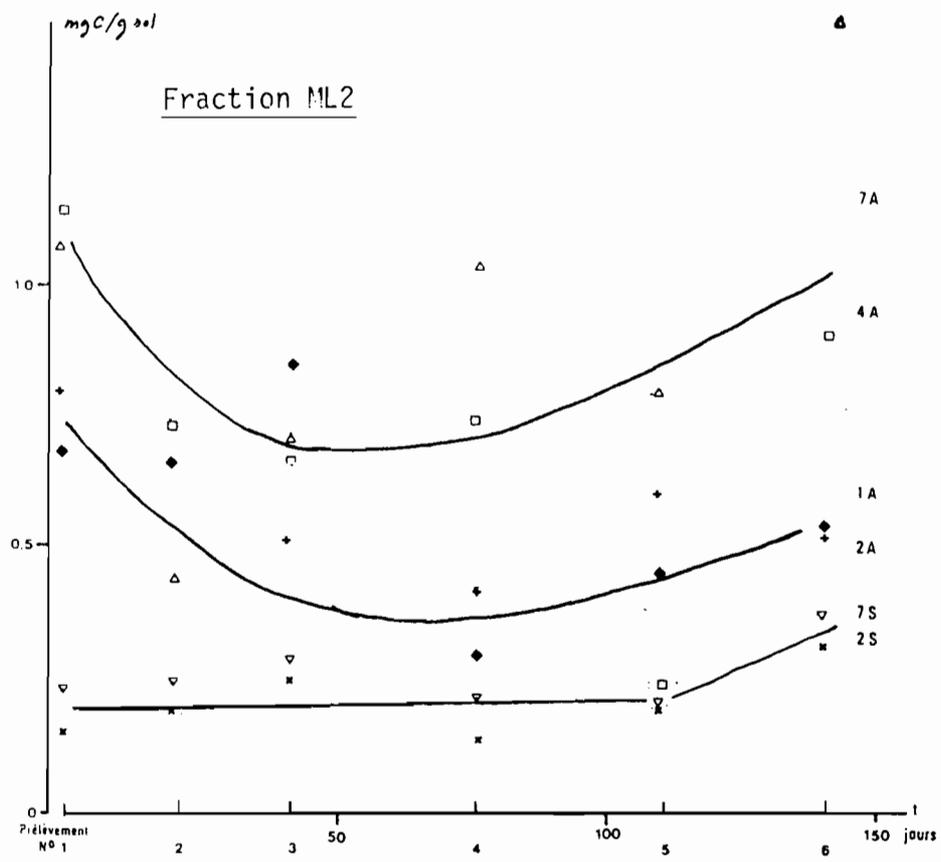
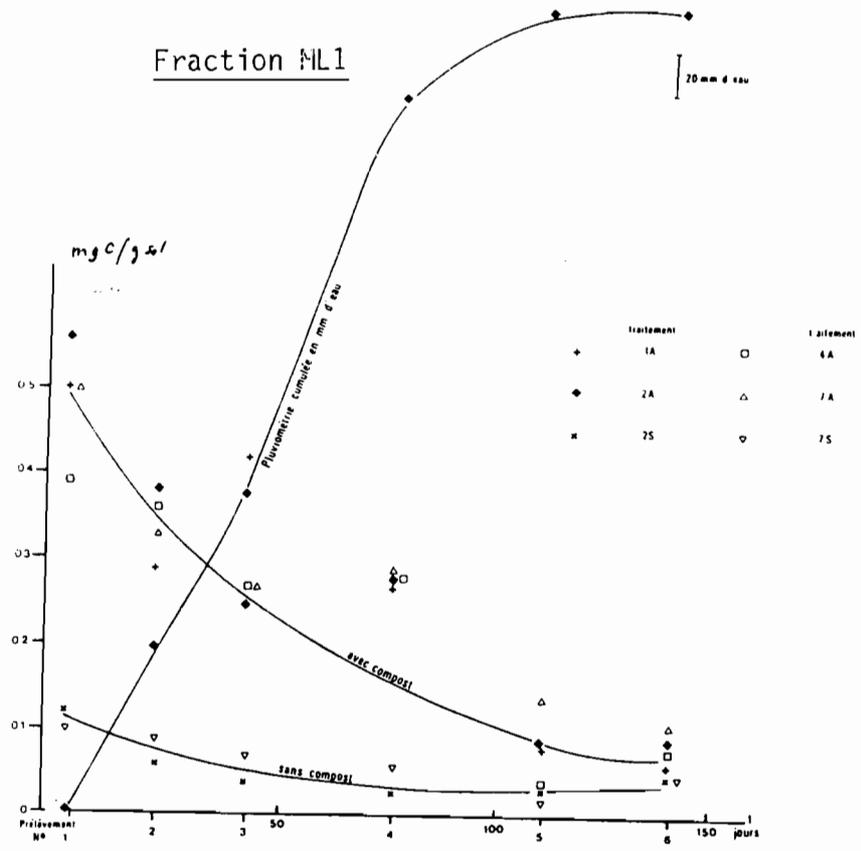


Fig. 5 - Essai B1. Variations interannuelles des teneurs en carbone du sol.

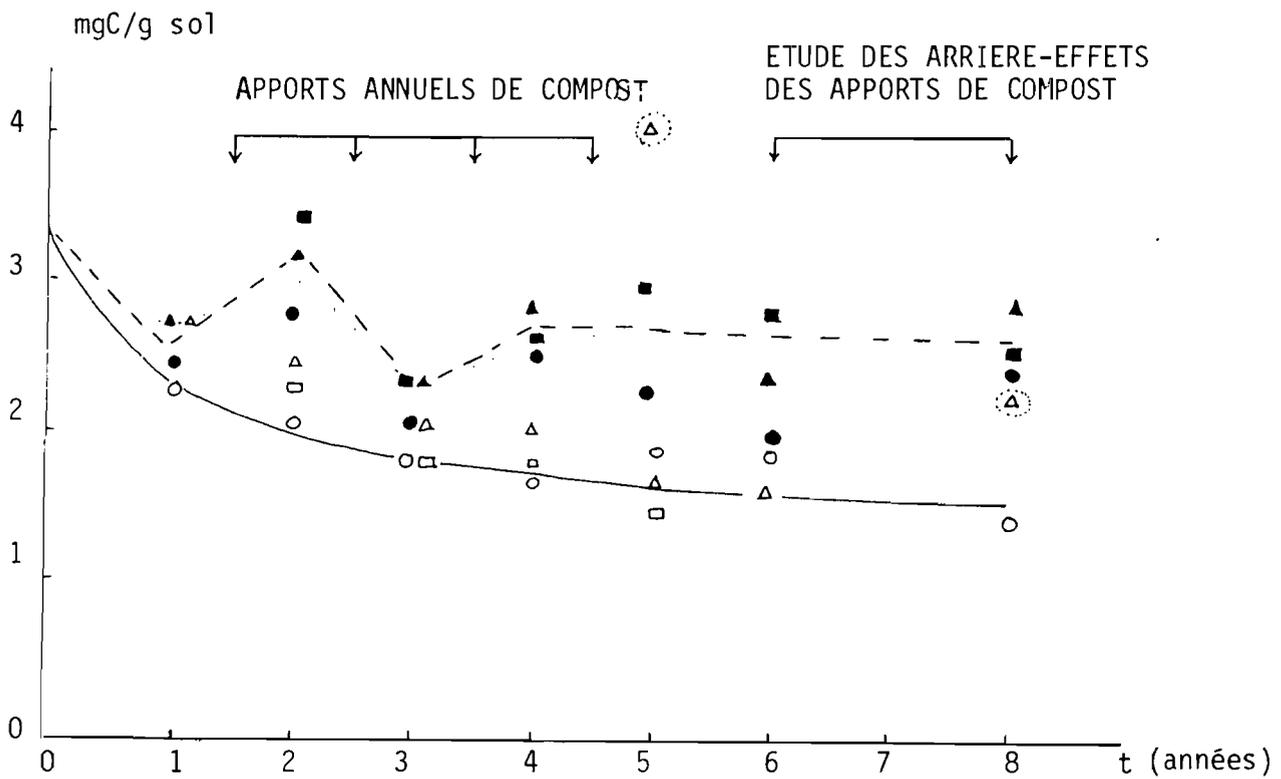
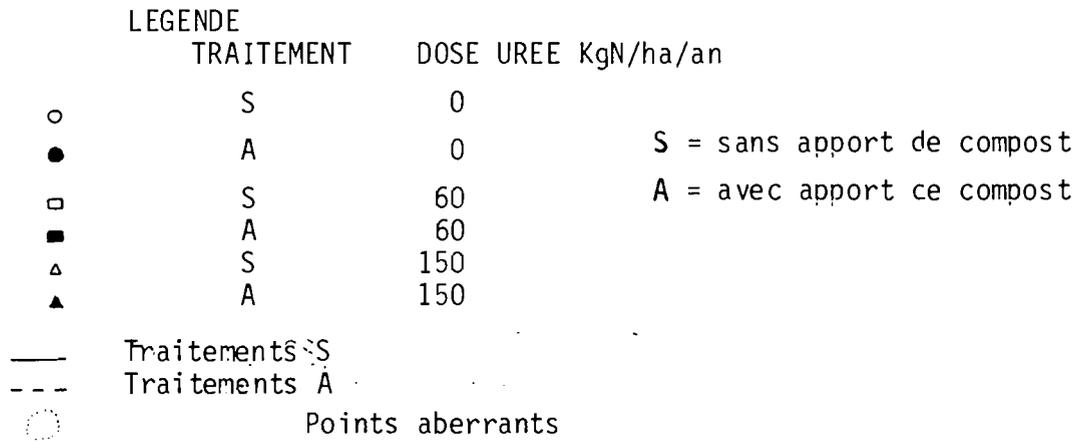


Fig. 6 - Essai B5. Répartition du carbone dans les fractions granulométriques du sol.

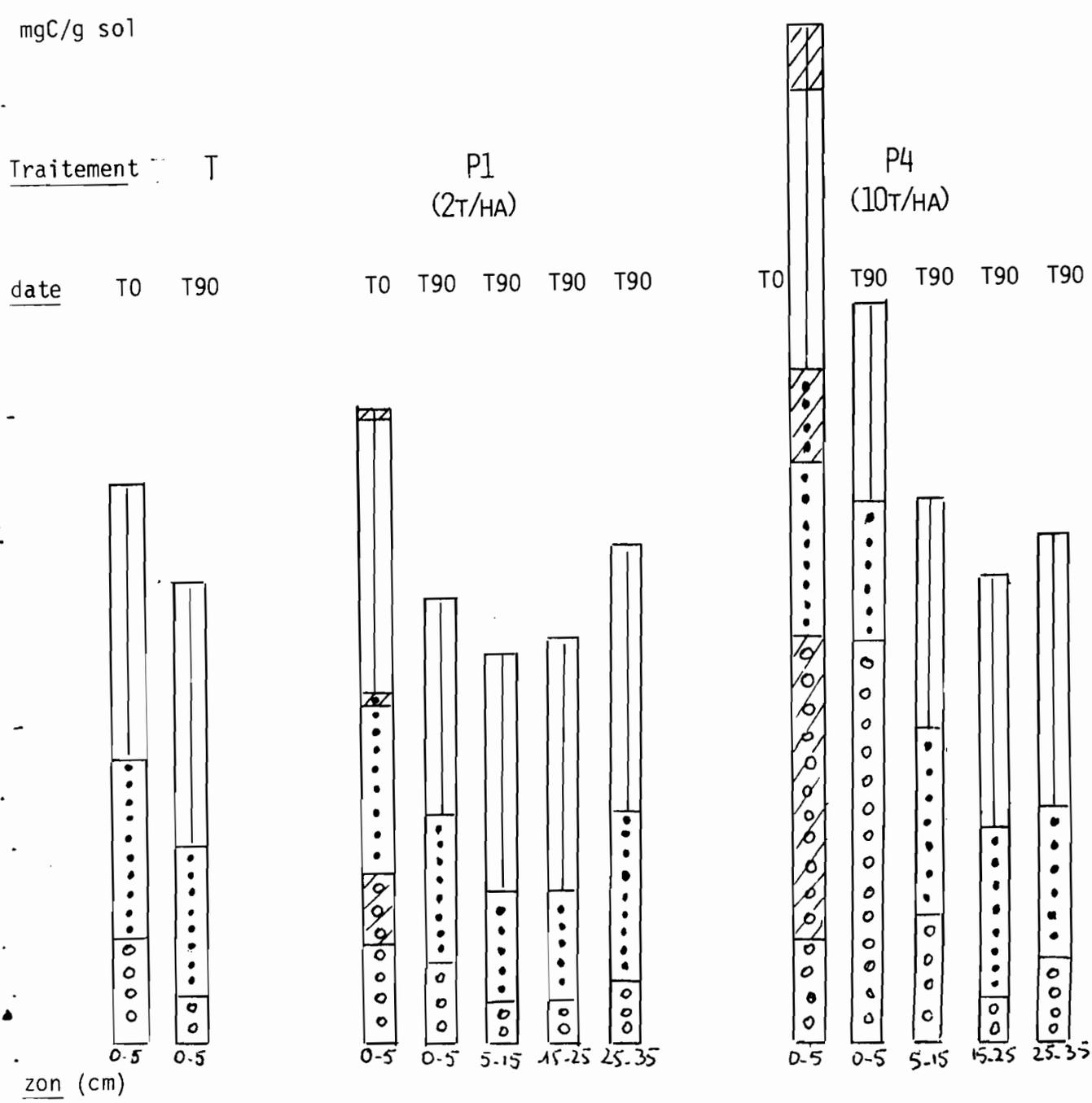
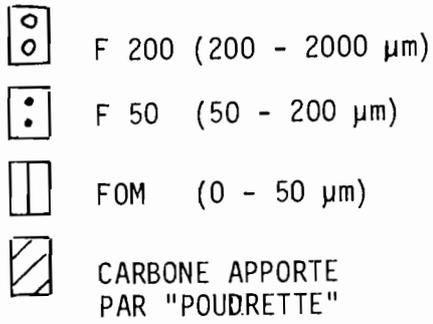


Fig. 7 - Essai Z. Répartition du carbone dans les fractions granulométriques du sol.

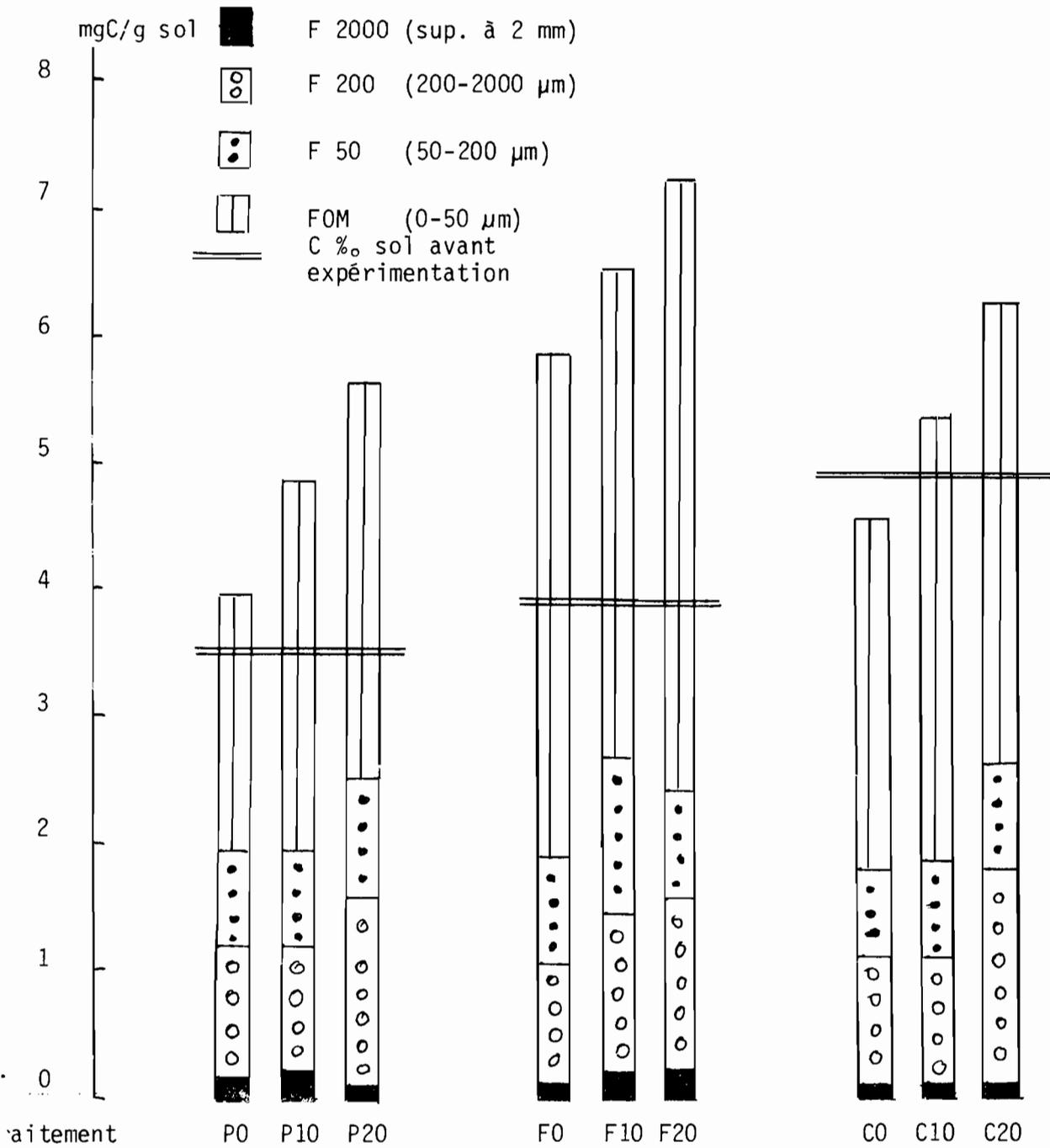
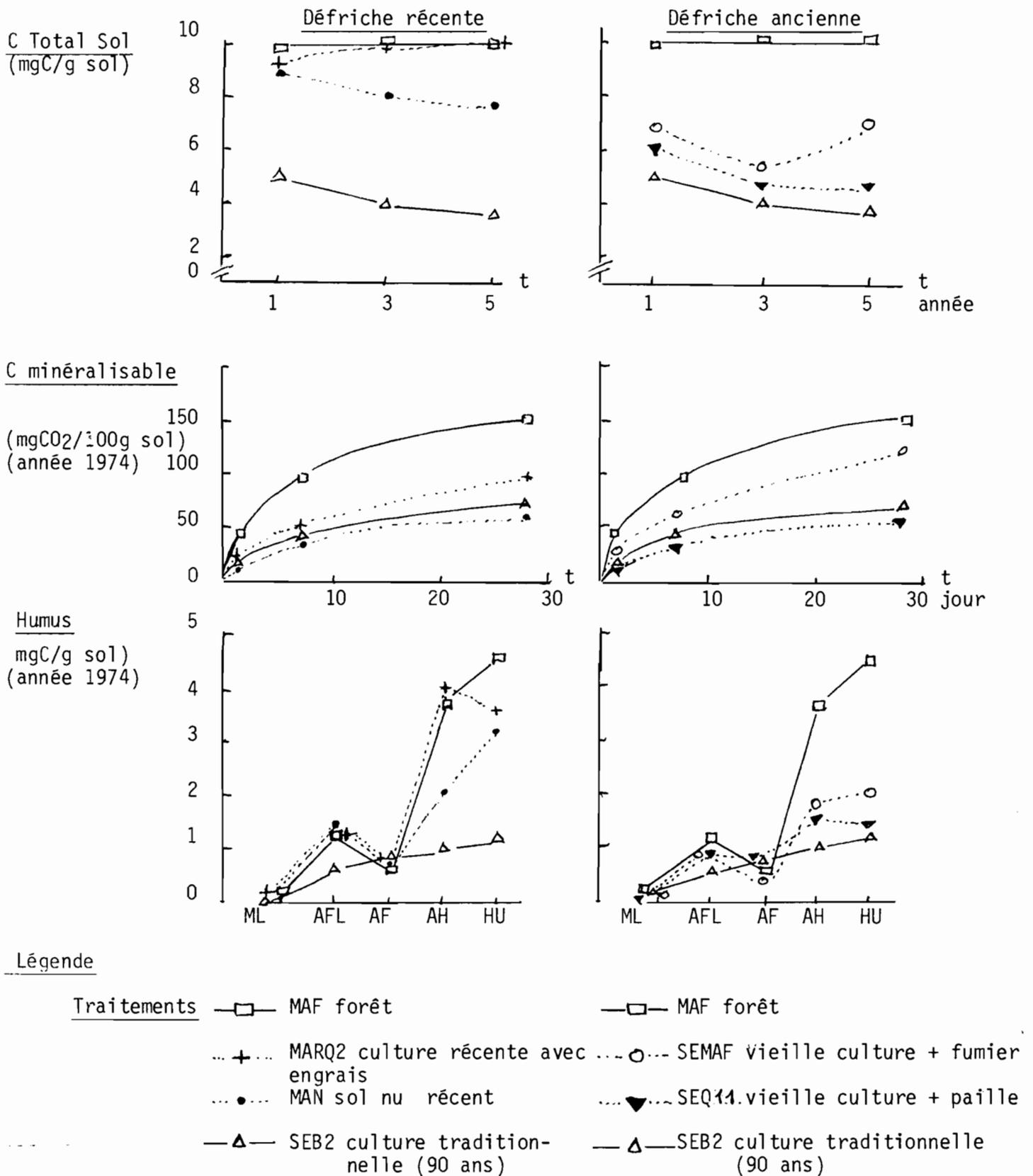


Fig. 8 - Essai S. Carbone total, carbone facilement minéralisable et fractionnement humique.



Humus ML = matières légères, AFL = acides fulviques libres, AF = acides fulviques (pyro + soude), AH = acides humiques (pyro + soude), HU = humine.

Fig. 9 - Hypothèses sur les intensités relatives des processus d'humification selon la nature des fractions granulométriques et les caractéristiques culturales et édaphiques de l'expérimentation.

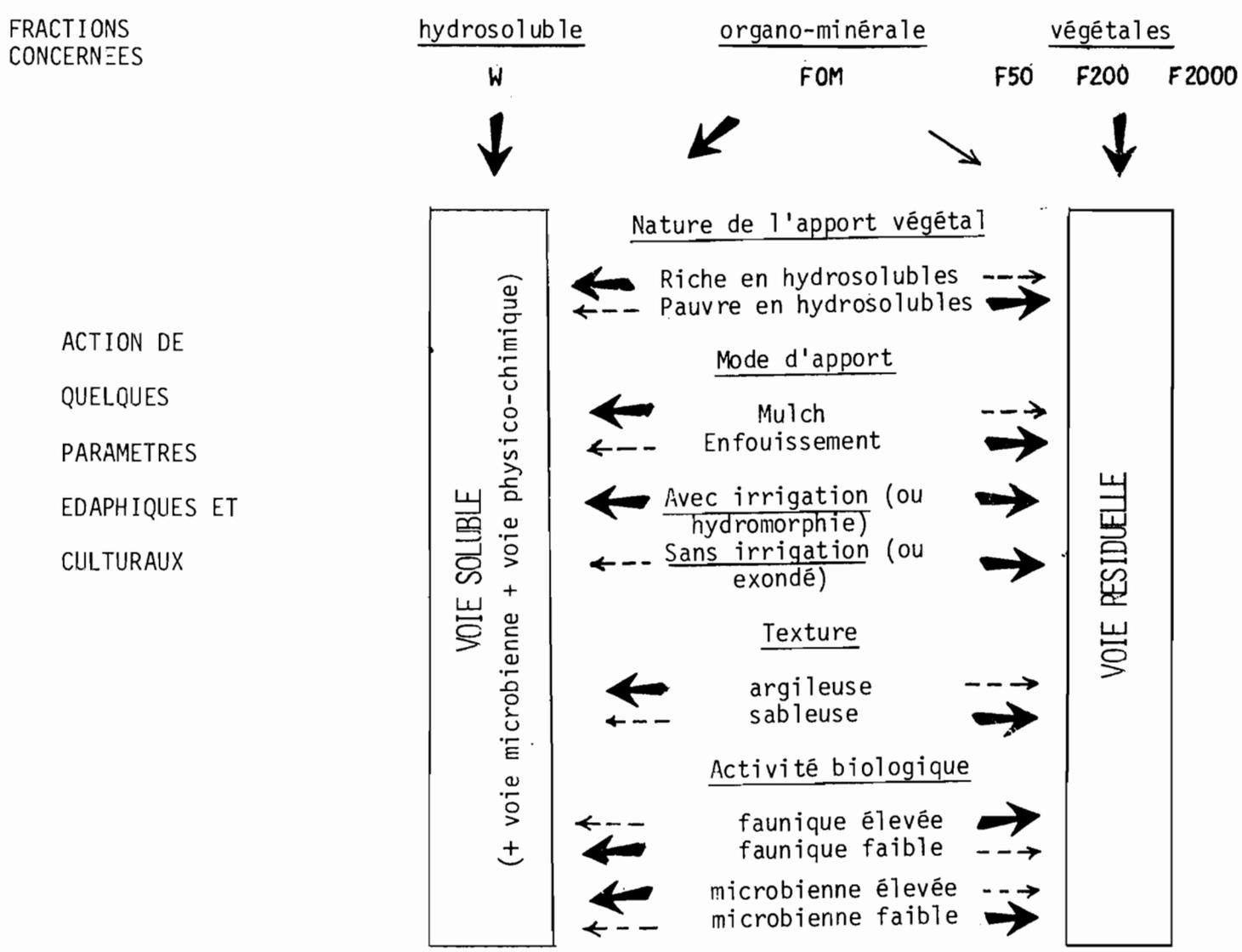


TABLEAU 1 - Présentation des essais étudiés

Caractéristique	Essai n°			
	B1	B2	B3	B4
Thème de recherche	MO x N	Comparaison MO	MO x prop. physiques	MO x prop. physiques
Responsable agronomique	GANRY (*)	GANRY (*)	CHOPART (*)	DANCETTE (*)
Station	Bambey	Bambey	Bambey	Bambey
Région	Diourbel	Diourbel	Diourbel	Diourbel
Sol	FT (Dior)	FT	FT	FT
Cultures	m , a	m , s , a	m , a	m
Durée de l'essai (ans)	8	2	5	3
Amendements organiques				
. Nature	compost m	ca, compost ca paille m, compost m paille s, compost s	paille m	paille m
. Dose	10 T/ha/an	10 T/ha/an	poids paille récoltée	2 x poids paille récoltée
. Mode d'apport	E	E	M , E , B	M
. Nombre d'apports	4	1	5	3

Abréviations : MO = matière organique ; N = azote ; FT = sol ferrugineux tropical peu lessivé (FTL = lessivé) ; H = hydromorphe ; m = mil ; a = arachide ; s = sorgho ; ca = coque d'arachide ; E = enfouissement (labour) ; M = mulch ; B = brulis ; (\*) = ISRA ; (\*\*) = ORSTOM.

TABLEAU 1 - Présentation des essais étudiés (Suite)

Caractéristique	Essai n°		
	B5	B6	S
Thème de recherche	Entraînement MO dans profil	MO x fixation N <sub>2</sub>	Fertilité générale
Responsable agronomique	DREVON (*)	SAINT-MACARY (**)	DIATTA (*)
Station	Bambey	Bambey	Sefa
Région	Diourbel	Diourbel	Casamance
Sol	FT	FT	FTL
Cultures	Sol nu	Soja	Divers
Durée de l'essai (ans)	1	1	2
Amendements organiques			
. Nature	fumier	paille, compost, fumier (divers)	paille, fumier (maïs)
. Dose	2 et 4T/ha/an	équivalent N de 30 à 60 kgN/ha	?
. Mode d'apport	M	E	E
. Nombre d'apports	1	1	?

Abréviations : MO = matière organique ; N = azote ; FT = sol ferrugineux tropical peu lessivé (FTL = lessivé) ; H = hydromorphe ; m = mil ; a = arachide ; s = sorgho ; ca = coque d'arachide ; E = enfouissement (labour) ; M = mulch ; B = brulis ; (\*) = ISRA ; (\*\*) = ORSTOM.

TABLEAU 1 - Présentation des essais étudiés (Fin)

Caractéristique	Essai n°		
	D	Z	N
Thème de recherche	MO x N	Fertilité générale	Essai fourrager
Responsable agronomique	GANRY (*)	TOURE (*)	SAED, prélèvements BRAUDEAU (**)
Station	Dianaba	Ziguinchor	Nianga
Région	Casamance	Casamance	Fleuve Sénégal
Sol	H. (sol gris)	H. sulfaté acide (mangrove)	H_pseudogley
Cultures	riz	riz	Brachiaria
Durée de l'essai (ans)	4	3	2
Amendements organiques			
. Nature	paille (riz)	paille, compost fumier, (riz)	Sans amendement organique
. Dose	?	5, 10, 20 T/ha/an	
. Mode d'apport	E	E	
. Nombre d'apports	4	3	

Abréviations : MO = matière organique ; N = azote ; FT = sol ferrugineux tropical peu lessivé (FTL = lessivé) ; H = hydromorphe ; m = mil ; a = arachide ; s = sorgho ; ca = coque d'arachide ; E = enfouissement (labour) ; M = mulch ; B = brulis ; (\*) = ISRA ; (\*\*) = ORSTOM.

TABLEAU 2 - Comparaison (méthodes 1 et 2) des répartitions des différentes fractions.

Résultats exprimés en carbone, % de la somme des fractions

Traitement n°	Fraction (méthode 1)			Fraction (méthode 2)			
	ML1	ML2	FL	F 2000	F 200	F 50	F 0 M
1 A	3,8	32,9	63,3	3,8	22,1	28,9	45,2
2 A	3,9	23,0	73,0	3,9	28,3	30,5	37,3
2 S	2,7	17,9	79,4	2,7	11,0	22,7	63,6
4 A	2,7	30,0	67,3	2,7	21,9	33,1	42,3
7 A	2,7	34,7	62,6	2,7	23,1	28,3	45,9
7 S	2,9	21,8	75,3	2,9	12,9	32,3	51,9

TABLEAU 3 - Comparaison des caractéristiques chimiques des différentes fractions granulométriques des méthodes 1 et 2.

Méthode n°	Fraction	Caractéristique étudiée	Nature du traitement					
			Sans enfouissement matière organique			Avec enfouissement compost		
<u>1</u>	ML1	C/N	25	à	35	17	à	20
		MC/L	1.5	à	2.5	1.3	à	2.0
	ML2	C/N	15	à	20	12	à	14
		MC/L		à	0.9	0.5	à	0.7
	FL	C/N	7	à	10	7	à	10
<u>2</u>	FO 2000	C/N	25	à	35	17	à	20
		MC/L	1.5	à	2.5	1.3	à	2.0
	FO 200	C/N	15	à	18			13
		MC/L			1.3			1.0
	FO 50	C/N	12	à	15	11	à	12
		MC/L	0.6	à	0.8	0.5	à	0.8
	F O M	C/N	7	à	10	7	à	10

TABLEAU 4 - Caractéristiques biochimiques d'une paille de mil, de son compost et de différentes fractions granulométriques d'un sol Dior cultivé.

Caractéristique:	Paille	Compost	Fraction (sol)			
			FO 2000	FO 200	FO 50	F 0 M
MM ‰	158	326	125	541	703	983
C ‰	415	254	410	148	78	10,0
N ‰	9,43	12,65	14,64	9,47	6,78	1,39
C/N	44	20	28	16	11,5	7,2
MC ‰	425	238	371	199	108	nd
L ‰	101	275	158	156	132	nd
MC/L	4,2	0,9	2,4	1,3	0,8	nd
NDF ‰	522	463	536	328	335	nd
CC ‰	320	201	340	131	traces	nd
NDF/CC	1,6	2,3	1,6	2,5	sup. à 10	nd
AFL % C	1,7	1,1	6,5	1,8	1,8	5,1
MHT % C	23,2	28,7	22,6	35,9	43,5	43,1
HU % C	75,1	70,2	70,8	62,3	54,8	51,7
AF/AH	1,8	0,9	1,9	1,3	0,9	0,7
O <sub>2</sub> consommé µl O <sub>2</sub> /h/gC	nd	nd	1920	1875	350	755
Nm minéralisable (‰ N)	nd	nd	traces	33	25	71

Abréviations : MM = matières minérales ; C = carbone total ; N = azote total ;  
 MC = matières cellulosiques ; L = lignine-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; NDF = "neutral detergent  
 fiber" ; CC = contenu cellulaire ; AFL = acides fulviques libres ;  
 MHT = matières humiques totales ; HU = humine ; nd = non dosé

TABLEAU 5 - Valeurs moyennes des rapports C/N, C/S et C/P des fractions granulométriques (méthodes 1 et 2)

Méthode	Fraction	Caractéristique	(année)				
			n° Essai (nbre échantillons pour calcul moyenne)				
			B1 (1976) (5)	Z (1977) (12)	B1 (1979) (5)	B3 (1979) (5)	Z(1979) (9)
<u>1</u>	ML1	C/N	24,1	46,6			
		C/S	594	379			
		C/P	248	862			
	ML2	C/N	15,1	17,6			
		C/S	355	142			
		C/P	108	296			
	FL	C/N	8,4	9,8			
		C/S		45			
		C/P		121			
<u>2</u>	FO 2000	C/N			22,8		45
		C/S			620		383
		C/P			250		836
	FO 200	C/N			13,0	12,2	16,8
		C/S			nd	196	89
		C/P			144	223	251
	FO 50	C/N			12,5	14,2	14,4
		C/S			nd	149	74
		C/P			52	66	143
	F O M	C/N			8,5	9,6	13,5
		C/S			nd	87	40
		C/P			19	34	59

TABLEAU 6 - Caractéristiques minérales des amendements organiques (paille, compost) et des fractions végétales d'un sol Dior cultivé (Méthode 1 : ML1 , ML2)

Essai	Traitement	Amendement ou fraction	Ca ‰	Mg ‰	K ‰	Na ‰	Ca/Mg	Ca/K	C/Ca	C/K	
<u>B1</u>		paille mil	5,20	4,85	9,13	0,25	1,1	0,6	88	51	
		compost mil	5,60	3,21	0,62	0,69	1,7	9,0	49	440	
	5 S	ML1	4,40	1,32	4,14	0,32	3,3	1,1	85	103	
		ML2	2,40	0,89	0,78	0,10	2,7	3,1	52	159	
	5 A	ML1	8,93	2,43	0,83	0,31	3,7	10,8	40	398	
		ML2	2,53	0,75	0,39	0,10	3,4	6,5	59	417	
	6 S	ML1	3,80	2,11	4,37	0,42	1,8	0,9	114	137	
		ML2	5,20	1,36	1,13	0,21	3,8	4,6	55	263	
	6 A	ML1	10,80	2,62	0,94	0,22	4,1	11,5	44	436	
		ML2	8,50	2,26	0,80	0,28	3,8	10,6	30	308	
	<u>B2</u>		paille sorgho	5,20	3,55	18,25	1,24	1,5	0,3	78	22
			compost sorgho (CIDR)	6,80	6,24	13,88	1,01	1,1	0,5	44	22
P S		ML1	3,60	1,54	8,19	0,34	2,3	0,4	74	33	
		ML2	1,20	0,53	0,55	0,11	2,3	2,2	63	138	
C S		ML1	7,20	3,31	1,79	0,25	2,2	4,0	38	153	
		ML2	1,20	1,34	1,01	0,14	0,9	1,2	120	143	

Abréviations : 5 = 5e prélèvement ; S ou A = sans ou avec enfouissement de compost ; PS = enfouissement de paille de sorgho ; CS = enfouissement de compost de sorgho ; Ca = calcium ; Mg = magnésium ; K = potassium ; Na = sodium ; C = carbone.

TABLEAU 7 - Composition de divers résidus de récolte (voir la liste des abréviations à la fin du tableau)

Caractéristique	Matériel végétal					
	Mil					
	paille a	paille b	compost a	compost b (CIDR)	compost c	compost d
MM ‰	158	127	355	204	315	336
C ‰	415	459	254	395	314	322
N ‰	9,4	10,4	12,7	12,3	16,0	19,0
S ‰	1,80	0,60	1,00	1,16	1,14	0,96
P ‰	1,04	0,82	1,45	2,00	1,93	2,29
MC ‰	425	459	363	384	225	238
L ‰	101	113	310	168	268	275
NDF ‰	411	522	463	596	492	463
CC ‰	359	320	201	200	193	201
Ca ‰	4,40	5,20	5,60	4,40		
Mg ‰	4,32	4,85	3,31	4,32		
K ‰	6,40	9,13	0,62	19,81		
Na ‰	0,62	0,25	0,69	0,83		
C/N	44	44	21	32	19,6	16,9
MC/L	4,2	4,1	1,2	2,3	0,8	0,9
NDF/CC	1,1	1,6	2,3	3,0	2,5	2,3
C/S	231	765	254	341	275	335
C/P	399	560	175	198	163	141
C/Ca	94	88	45	90		
C/K	64	51	410	20		
Ca/Mg	1,0	1,1	1,7	1,0		
Ca/K	0,7	0,6	9,0	0,2		

TABLEAU 7 - Suite 1

Caractéristique	Matériel végétal						
	Sorgho		Riz				
	paille	compost (CIDR)	paille	compost	fumier (ISRA)	fumier (paysan)	cendre
MM ‰	105	291	207	512	496	940	765
C ‰	405	300	380	345	210	40	105
N ‰	7,6	15,8	7,9	22,4	15,2	2,40	7,5
S ‰	0,96	2,40	0,80	6,00	10,5	1,50	5,0
P ‰	1,35	6,44	1,28	4,05	2,90	5,46	5,1
MC ‰	406	198	363	141	138		
L ‰	60	186	60	211	114		
NDF ‰	422	391	700	314	317		
CC ‰	473	318	93	174	187		
Ca ‰	5,20	6,80					
Mg ‰	3,55	6,24					
K ‰	18,25	13,88					
Na ‰	1,24	1,01					
C/N	53	19,0	48	15,4	13,8	17	14,0
MC/L	6,8	1,1	6,1	0,7	1,2		
NDF/CC	0,8	1,2	7,5	1,8	1,7		
C/S	422	125	475	58	20	27	21
C/P	300	47	297	85	72	7	21
C/Ca	78	44					
C/K	22	22					
Ca/Mg	1,5	1,1					
Ca/K	0,3	0,5					

TABLEAU 7 - Suite 2

Caractéristique	Matériel végétal								
	coque			arachide			compost		
	a	b	c	a (CIDR)	b	c	a	b	c
MM ‰	19	32	24	69	24	15	256		
C ‰	471	476	520	384	465	456	655	19,0	17,2
N ‰	9,8	10,7	8,0	10,8	8,9	10,5	13,70	0,30	0,10
S ‰	0,24		0,40	1,44			1,00	35,5	77,5
P ‰	0,50		0,31	1,47			2,02	8,48	7,30
MC ‰	687	675	734	569	778	812			
L ‰	326	283	319	360	354	367			
NDF ‰	770	833	907	790	945	943			
CC ‰	211	135	69	141	32	33			
Ca ‰	2,80			2,80					
Mg ‰	0,77			1,39					
K ‰	4,91			2,65					
Na ‰	0,07			0,25					
C/N	48	44	65	36	52	43	48	63	172
MC/L	2,1	2,4	2,3	1,6	2,2	2,2			
NDF/CC	3,6	6,2	13,1	5,6	28,1	28,9			
C/S	1960		1300	267			655	0,54	0,22
C/P	942		1680	261			324	2,1	2,4
C/Ca	168			137					
C/K	96			145					
Ca/Mg	3,6			2,01					
Ca/K	0,6			1,10					

TABLEAU 7 - Fin

## Matériel végétal

## Bois

Caractéristique

ABREVIATIONS (Tableau 7)

Sciure    Sciure compostée    Sciure brûlée

MM ‰	10	22	142	matières minérales
C ‰	405	385	525	carbone
N ‰	0,80	9,50	1,50	azote
S ‰	0,70	0,80	0,30	soufre
P ‰	0,04	1,58	0,13	phosphore
MC ‰	556	420		matières cellulosiques
L ‰	328	300		lignine-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
NDF ‰	901	668		fibre (neutral detergent fiber)
CC ‰	81	120		contenu cellulaire
Ca ‰				calcium
Mg ‰				magnésium
K ‰				potassium
Na ‰				sodium
C/N	506	41	350	
MC/L	1,7	1,4		
NDF/CC	11,1	5,6		
C/S	579	481	1750	
C/P	9200	244	4040	

TABLEAU 8 - Essai B1. Comparaison des rapports C/N et MC/L des différentes fractions granulométriques du sol (méthode 1) après une saison des pluies.

Traitement (*)	Dose N (KgN/ha)	Fraction				
		ML1		ML2		FL
		C/N	MC/L	C/N	MC/L	C/N
1A	0	19,9	1,3	14,0	0,7	8,4
2A	0	17,6	0,9	12,2	0,6	9,8
2S	0	35,0	2,4	21,0	1,0	7,9
4A	60	21,4	1,3	13,8	0,7	8,5
7A	150	21,2	nd	12,4	0,5	7,6

(\*) A = avec Compost, S = sans Compost  
 C = Carbone, N = Azote, MC = Matières Cellulosiques, L = Lignine-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 nd = non dosé

TABLEAU 9 - Essai B1, années  $t_5$  (1976) et  $t_8$  (1979).  
Répartition du carbone (mgC/g sol) dans les  
fractions granulométriques du sol (méthode 2).

Année	Traitement (*)	Dose N (KgN/ha)	Fraction				TOTAL
			F 2000	F 200	F 50	F 0 M	
<u><math>t_5</math></u>	2A	0	0,09	0,67	0,72	0,88	2,36
	2S	0	0,05	0,18	0,37	1,03	1,63
	4A	60	0,11	0,57	0,86	1,07	2,61
	7A	150	0,11	0,57	0,70	1,09	2,47
	7S	150	0,05	0,24	0,60	0,97	1,85
<u><math>t_8</math></u>	2A	0	0,08	0,49	0,90	0,48	2,39
	2S	0	0,03	0,28	0,38	0,73	1,42
	4A	60	0,04	0,69	0,76	1,37	2,56
	7A	150	0,14	0,78	0,97	0,97	2,86
	7S	150	0,23	0,38	0,56	1,13	2,30

(\*) A = avec compost, S = sans compost.

TABLEAU 10 - Essai B1, année tg (1979).  
Répartitions de l'azote et du phosphore  
(mgN/kg sol et mgP/kg sol) dans les fractions  
granulométriques du sol (méthode 2).

Elément analysé	Traitement (*)	Dose N (kgN/ha) (**)	Fraction				
			F 2000	F 200	F 50	F 0 M	TOTAL
Azote	2A	0	6	49	76	123	254
	2S	0	1	25	43	77	146
	4A	60	3	56	82	130	271
	7A	150	8	61	88	132	289
	7S	150	9	31	55	119	214
Phosphore	2A	0	0,7	14,2	34,7	47,0	96,6
	2S	0	0,1	18,7	32,0	43,4	94,2
	4A	60	0,3	16,3	35,7	45,5	97,8
	7A	150	0,7	17,1	33,2	53,7	104,7
	7A	150	0,8	10,9	30,1	68,2	110,0

(\*) A = avec compost, S = sans compost

(\*\*) La fertilisation phosphatée est identique pour tous les traitements : 100 kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

TABLEAU 11 - Essai B1, année t5  
 Comparaison de quelques caractéristiques  
 biologiques et biochimiques d'une paille  
 de mil, de son compost et des fractions  
 granulométriques d'un sol (méthode 2)  
 ayant reçu (traitement A) ou non  
 (traitement S) du compost.

Amendement OU Fraction sol	Trait <sup>t</sup>	Caractéristique						
		C/N	MC/L	NDF/CC	MHT (% C)	Oxygène consommé ( $\mu\text{O}_2/\text{h/gC}$ )	Azote minéralisable (% N)	
Paille		44	4,2	1,6	23,2	nd	nd	
Compost		20	0,9	7,3	25,7	nd	nd	
Fract.	FO 2000	S	28	2,4	1,6	22,6	192	traces
	FO 200	S	16	1,3	2,5	35,9	1875	33
	FO 50	S	11,5	0,8	sup. à 10	43,5	350	25
	F O M	S	7,2	nd	nd	43,1	755	71
Fract.	FO 2000	A	21	1,3	2,1	29,1	1130	traces
	FO 200	A	13,2	1,0	3,9	51,4	260	41
	FO 50	A	11,4	0,6	sup. à 10	51,9	440	19
	F O M	A	8,0	nd	nd	54,2	1015	48

Abréviations :

C = carbone, N = azote, MC = matières cellulosiques, L = lignine- $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  
 NDF = fibre (neutral detergent fiber), MHT = matières humiques totales pyro + soude,  
 nd = non dosé, sup. = supérieur

TABLEAU 12 - Essai B1, expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ .  
Productivité végétale et bilan  
C et N du sol après culture.

Traitement	Partie aérienne		Sol surface	
	Poids (g)	N exporté (g)	C (*) (% $\text{C}_0$ )	N (*) (% $\text{N}_0$ )
T	92	2,2	79,2	89,1
T - Um	81	2,8	86,0	110,4
Pm	92	2,2	91,7	97,3
Pm - U	101	3,3	90,7	108,6
P - Um	131	4,0	nd	110,4
CPm	340	2,4	86,1	92,5
CPm - U	636	8,0	98,0	99,5
CP - Um	698	9,6	103,8	106,5

(\*) Résultats exprimés en % de la teneur initiale du sol ( $\text{C}_0$ ,  $\text{N}_0$ ) avant culture et sans amendement.

Abréviations : T = témoin sans amendement organique et sans urée  
 TUm = témoins sans amendement organique avec urée  $^{15}\text{N}$   
 Pm = avec enfouissement paille  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$  sans urée  
 Pm-U = avec enfouissement paille  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$  et urée non marquée  
 P-Um = avec enfouissement paille non marquée et urée  $^{15}\text{N}$   
 CPm = avec enfouissement compost  $^{14}\text{C}$  sans urée  
 CPm-U = avec enfouissement compost  $^{14}\text{C}$  avec urée non marquée  
 CP-Um = avec enfouissement compost non marqué et urée  $^{15}\text{N}$   
 nd = non dosé.

TABLEAU 13a - Essai B1. Expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ .  
Répartitions de  $^{14}\text{C}$ -paille et  $^{14}\text{C}$ -compost  
dans le système sol-plante après culture.  
Résultats exprimés en % de  $^{14}\text{C}$  total apporté

Traitement	Partie aérienne	Sol surface	Sol profondeur	Total	Pertes
Pm	0	38,0	0,5	38,5	61,5
Pm-U	0	42,1	0,5	42,5	57,5
CPm	0	22,8	0	22,8	77,2
CPm-U	0	17,4	0	17,4	82,6

Abréviations : voir tableau 11

TABLEAU 13b - Essai B1. Expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ .  
Répartitions de  $^{14}\text{C}$ -paille et  $^{14}\text{C}$ -compost  
dans les fractions granulométriques du sol de surface  
après culture.  
Résultats exprimés en % de  $^{14}\text{C}$  total restant dans le  
sol

Traitement	Fraction (sol surface)				
	F2000 ( $\mathcal{R}$ ) <sup>(*)</sup>	F200 ( $\mathcal{R}$ )	F50 ( $\mathcal{R}$ )	FOM ( $\mathcal{R}$ )	W ( $\mathcal{R}$ )
Pm	33 (51)	20,8 (32)	5,9 (7)	7,2 (3)	0,9 (nd)
Pm-U	55 (50)	22,5 (34)	5,0 (7)	8,1 (4)	1,0 (nd)
CPm	0,4 (3)	9,7 (10)	8,4 (8)	4,3 (2)	0 (0)
CPm-U	0,7 (3)	11,2 (10)	2,8 (3)	2,7 (1)	0 (0)

Abréviations : voir tableau 12, nd = non dosé

(\*)  $\mathcal{R}$  représente la radioactivité spécifique de la fraction expérimentée en % des radioactivités spécifiques.

TABLEAU 14 a - Essai B1, expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ .  
Répartitions de  $^{15}\text{N}$ -urée et  $^{15}\text{N}$ -paille  
dans le système sol-plante après culture  
Résultats exprimés en % de  $^{15}\text{N}$ -urée apporté.

Traitement	Partie aérienne	Soil surface	Soil profondeur	Total	Pertes
T - Um	21,7	23,2	10,5	55,4	44,6
P - Um	22,5	20,2	7,8	50,5	49,5
Pm - U	24,8	59,7	20,9	105,4	0
CP - Um	55,7	15,0	8,1	78,7	21,2

Abréviations : voir tableau 11

TABLEAU 14 b - Essai B1, expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$   
Répartitions de  $^{15}\text{N}$ -urée et  $^{15}\text{N}$ -paille  
dans les fractions granulométriques du  
sol de surface après culture  
Résultats exprimés en % de  $^{15}\text{N}$  total restant dans le sol

Traitement	Fraction (sol surface)				
	F 2000	F 200	F 50	F 0 M	W
T - Um	1,9	7,1	7,7	22,7	60,6
P - Um	3,1	6,5	8,0	21,5	60,9
Pm - U	3,9	33,3	23,3	29,8	9,7
CP - Um	3,5	28,9	20,3	37,7	9,3

Abréviations : voir tableau 12

TABLEAU 15 - Essai B1, expérimentation  $^{14}\text{C}$   $^{15}\text{N}$ .  
 Répartitions  $^{14}\text{C}$ -paille et  $^{15}\text{N}$ -paille  
 dans les fractions granulométriques du  
 sol de surface après culture.  
 Résultats exprimés en % de  $^{14}\text{C}$  ou  $^{15}\text{N}$  total  
 restant dans le sol.

Traitement	Fraction (sol surface)									
	F 2000		F 200		F 50		F 0 M		W	
	$^{14}\text{C}$	$^{15}\text{N}$	$^{14}\text{C}$	$^{15}\text{N}$	$^{14}\text{C}$	$^{15}\text{N}$	$^{14}\text{C}$	$^{15}\text{N}$	$^{14}\text{C}$	$^{15}\text{N}$
Pm	8,6	1,6	54,7	36,9	15,5	25,6	18,9	32,2	2,3	3,7
Pm - U	13,1	3,9	53,4	33,3	11,9	23,3	19,2	29,8	2,4	9,7

Abréviations = voir tableau 12

TABLEAU 16 - Essai B2. Répartitions du carbone (mgC/g sol) et de l'azote (mgN/kg sol) dans les fractions granulométriques du sol (méthode 1).

Année	Traitement (amendement or- ganique)	Fraction											
		ML1			ML2			FL			TOTAL		
		C	N	C/N	C	N	C/N	C	N	C/N	C	N	C/N
1ère	Paille de mil	0,05	2	28	0,37	22	17	1,40	220	6,4	1,82	244	7,5
	Compost paille de mil	0,08	4	19	0,28	20	14	1,54	210	7,3	1,90	233	8,1
	Paille de sorgho	0,15	6	27	0,22	13	17	1,22	200	6,1	1,59	218	7,3
	Compost paille sorgho	0,13	8	17	0,29	23	13	1,14	200	5,7	1,56	230	6,8
	Coque d'arachide	0,73	14	53	0,25	19	13	1,40	140	10,0	2,38	173	13,8
	Compost coque d'arachide	0,16	4	40	0,56	39	14	2,00	210	9,5	2,72	253	10,8
	Témoin (sans enfouissement)	0,06	2	38	0,42	28	15	1,38	200	6,9	1,86	230	8,1
2ème	Coque d'arachide	1,05	18	58	0,24	13	18	1,36	120	11,3	2,65	151	17,5
	Compost coque d'arachide	0,37	15	25	0,38	17	22	1,64	240	6,8	2,39	272	8,8
	Témoin (sans enfouissement)	0,14	6	24	0,15	10	15	1,58	120	13,0	1,87	136	13,8

TABLEAU 17 - Essai B3, année 1978  
 Répartitions du carbone, de l'azote du  
 phosphore et du soufre dans les fractions  
 granulométriques du sol.  
 Résultats exprimés en gC/kg sol, gN/kg sol,  
 mgP/kg sol, mgS/kg sol.

Élé- ment analysé	Culture	Traite	Profond. (cm)	Fraction					TOTAL		
				F 2000		F 200	F 50	FOM			
				RV	RM						
C	Mil	B	0-10	0,015	0,009	0,21	0,56	1,19	1,98		
			10-20	0,004	0,019	0,14	0,28	1,04	1,48		
		M	0-10	0,036	0,238	0,16	0,65	1,96	3,04		
			10-20	0,008	0,117	0,08	0,48	1,50	2,18		
		L	0-10	0,013	0,030	0,11	0,50	1,03	1,68		
			10-20	0,020	0,029	0,15	0,47	0,99	1,68		
	Arachide	B	0-10	0,027	0,130	0,12	0,48	1,07	1,82		
			10-20	0,009	0,006	0,09	0,25	1,10	1,46		
		L	0-10	0,019	0,164	0,33	0,81	1,19	2,51		
			10-20	0,014	0,026	0,17	0,26	0,98	1,45		
		N	Mil	B	0-10	0,001		0,023	0,056	0,132	0,212
					10-20	0,001		0,011	0,046	0,119	0,177
M	0-10			0,014		0,012	0,071	0,204	0,301		
	10-20			0,006		0,009	0,053	0,151	0,219		
L	0-10			0,002		0,012	0,062	0,112	0,188		
	10-20			0,002		0,015	0,058	0,108	0,183		
Arachide	B		0-10	0,008		0,012	0,057	0,100	0,177		
			10-20	0,001		0,010	0,047	0,102	0,160		
	L		0-10	0,009		0,029	0,083	0,128	0,249		
			10-20	0,002		0,015	0,045	0,091	0,159		

Abréviations : C = carbone, N = azote, P = phosphore, S = soufre  
 B = brulis, M = mulch, L = labour  
 RV = racine vivante, RM = racine morte et résidus végétaux divers de  
 tailles supérieures à 2 mm.

TABLEAU 17 - Suite et fin

Échantillon analysé	Culture	Traitement	Profond. (cm)	Fraction				TOTAL		
				F 2000	F 200	F 50	F 0 M			
5	Mil	B	0-10	0	12	29	13	54		
			10-20	0	10	26	12	48		
		M	0-10	0	9	28	28	65		
			10-20	0	9	27	15	51		
		L	0-10	0	9	27	12	48		
			10-20	0	9	26	11	46		
	Arachide	B	0-10	0	9	29	13	51		
			10-20	0	9	26	14	49		
		L	0-10	0	9	27	7	43		
			10-20	0	9	25	6	40		
		2	Mil	B	0-10	0	13	22	41	76
					10-20	0	6	8	27	40
M	0-10			0	2	40	62	104		
	10-20			0	5	15	50	70		
L	0-10			0	11	19	35	65		
	10-20			0	11	23	35	69		
Arachide	B		0-10	0	7	17	32	56		
			10-20	0	7	13	37	57		
	L		0-10	0	10	26	27	63		
			10-20	0	7	14	31	52		

TABLEAU 18 - Essai B4  
 Répartition du carbone dans les fractions  
 granulométriques du sol  
 Résultats exprimés en gC/kg sol

Traitement	n° parcelle	Fraction				TOTAL
		F 2000	F 200	F 50	F 0 M	
Mulch	P21 (*)	0,46	0,49	0,85	2,12	3,92
	P24	0,40	0,91	2,07	3,00	6,38
Témoin	P22	0	0,51	1,05	1,97	3,53
	P23	0	0,47	0,82	1,45	2,74
	Moyenne P22-P23(*)	0	0,49	0,94	1,71	3,14

(\*) Ce sont les seules valeurs retenues pour l'interprétation (v. texte concernant essai B4)

TABLEAU 19 - Essai B5  
Répartition du carbone dans les  
fractions granulométriques de la  
poudrette et du sol.  
Résultats exprimés en gC/kg sol  
(ou gC/kg MS pour la poudrette)

Traitement (profondeur) cm	date (jours)	Fraction			
		F 200	F 50	F 0 M	TOTAL
Poudrette initiale (gC/kg MS)	t <sub>0</sub>	74,2	24,3	18,7	117,2
Quantité de carbone (gC/kg sol) apportée par la poudrette dans le traitement P1 pour l'horizon 0-5 cm	t <sub>0</sub>	0,19	0,06	0,05	0,31
Quantité de carbone (gC/kg sol) apportée par la poudrette dans le traitement P4 pour l'horizon 0-5 cm	t <sub>0</sub>	0,95	0,31	0,23	1,50
T (0-5)	t <sub>0</sub>	0,35	0,57	0,90	1,81
	t <sub>90</sub>	0,15	0,48	0,86	1,49
P1 (0-5)	t <sub>0</sub>	0,54	0,63	0,95	2,12
	t <sub>90</sub>	0,26	0,47	0,72	1,45
(5-15)	t <sub>90</sub>	0,14	0,35	0,77	1,25
(15-25)	t <sub>90</sub>	0,12	0,35	0,85	1,32
(25-35)	t <sub>90</sub>	0,20	0,54	0,88	1,62
P4 (0-5)	t <sub>0</sub>	1,30	0,88	1,10	3,31
	t <sub>90</sub>	1,31	0,42	0,67	2,40
(5-15)	t <sub>90</sub>	0,42	0,58	0,75	1,75
(15-25)	t <sub>90</sub>	0,15	0,53	0,82	1,50
(25-35)	t <sub>90</sub>	0,26	0,48	0,91	1,65

Abréviations : T = témoin sans apport de poudrette  
P1 = avec apport de poudrette, équivalent à 2 T MS/ha  
P4 = avec apport de poudrette, équivalent à 10 T MS/ha

TABLEAU 20 - Essai B6, caractéristiques des traitements

Traitement n°	Nature de l'apport	C/N apport	Equivalent kgN/ha apporté	C % initial (sol + apport)
to	sans apport, non inoculé		0	1,40
Ti	sans apport, inoculé		0	1,40
P 30	paille de mil	44	30	1,83
60		44	60	2,26
RP 30	fraction ML1 (sol Dior sans compost)	37	30	1,77
60		37	60	2,14
C 30	compost de paille de mil	21	30	1,61
60		21	60	1,83
RC1 30	fraction ML1 (sol Dior avec compost)	25	30	1,66
60		25	60	1,91
RC2 30	fraction ML2 (200-2000 $\mu\text{m}$ , sol Dior avec compost)	14	30	1,54
60		14	60	1,68
RC3 30	fraction ML2 (50-200 $\mu\text{m}$ , sol Dior avec compost)	14	30	1,53
60		14	60	1,66
F 30	fumier	19	30	1,59
60		19	60	1,78
U 30	urée	0,4	30	1,40
60		0,4	60	1,40
UF 30	urée formaldéhyde	nd	30	1,40
60		nd	60	1,40

TABLEAU 21 - Essai B6, productivités végétales, activité fixatrice, bilan carbone

Traitement	n <sup>c</sup>	Productivité végétale et activité fixatrice				Bilan carbone après culture (gc/kg sol)			
		Nodule	Partie aérienne	ARA	ARA	Fraction			
		Pds sec (g)	Pds sec (g)	par plante	par g nodule sec	ML1	ML2	FL	TOTAL
To		0,042	8,2	1552	27376	0,30	0,08	0,84	1,17
Ti		0,418	5,0	12960	32453	0,37	0,07	0,80	1,27
P	30	0,295	5,2	5357	19766	0,28	0,20	0,97	1,46
	60	0,199	3,9	4292	20905	0,28	0,25	0,96	1,48
RP	30	0,176	5,7	5839	26902	0,30	0,13	0,96	1,37
	60	0,302	6,1	14186	49801	0,32	0,18	1,02	1,02
C	30	0,392	7,8	13152	33576	0,37	0,16	0,84	1,37
	60	0,345	6,5	11931	35814	0,28	0,18	0,95	1,42
RC1	30	0,310	7,3	10430	34079	0,30	0,18	0,85	1,33
	60	0,351	7,5	11085	30876	0,37	0,18	0,81	1,36
RC2	30	0,383	6,3	11985	36300	0,38	0,12	0,86	1,36
	60	0,102	5,4	3497	37156	0,32	0,16	1,01	1,43
RC3	30	0,271	6,4	11002	44644	0,30	0,10	0,86	1,26
	60	0,390	6,5	9849	31252	0,38	0,17	0,79	1,34
F	30	0,302	7,3	13375	42943	0,45	0,12	0,97	1,52
	60	0,391	8,7	13932	37294	0,43	0,17	1,01	1,61
U	30	0,256	6,5	8907	38520	0,37	0,09	0,84	1,30
	60	0,271	8,0	9379	37322	0,37	0,07	0,89	1,33
UF	30	0,394	8,3	11605	30892	0,48	0,07	0,91	1,44
	60	0,358	8,0	12226	34041	0,42	0,07	0,86	1,33

TABLEAU 22 - Essai D  
Répartition du carbone dans les  
fractions granulométriques.  
Résultats exprimés en gC/kg sol

Traitement	Fraction				TOTAL
	F 2000	F 200	F 50	F 0 M	
E <sup>-</sup> N <sup>-</sup>	0,70	0,51	0,78	2,64	4,63
E <sup>-</sup> N <sup>+</sup>	0,74	0,50	0,67	1,61	3,52
E <sup>+</sup> N <sup>+</sup>	0,28	0,60	0,77	3,88	5,53
E <sup>+</sup> N <sup>-</sup>	0,71	0,57	1,13	3,38	5,79

Abréviations : E<sup>-</sup> sans enfouissement  
E<sup>+</sup> avec enfouissement paille de riz  
N<sup>-</sup> sans apport d'urée  
N<sup>+</sup> avec apport d'urée

TABLEAU 23 - Essai Z  
Répartitions du carbone, de l'azote du  
phosphore et du soufre dans les fractions  
granulométriques du sol  
Résultats exprimés en gC/kg sol, gN/kg sol, mgP/kg sol, mgS/kg sol.

Elément analysé	Traitement	Dose TMS/ha	Fraction				TOTAL	
			F 2000	F 200	F 50	F 0 M		
<u>C</u>	Paille	0	0,17	1,03	0,73	2,03	3,96	
		10	0,20	1,01	0,72	2,93	4,86	
		20	0,07	1,46	0,95	3,14	5,62	
	Fumier	0	0,11	1,01	0,80	3,92	5,84	
		10	0,14	1,26	0,93	4,14	6,52	
		20	0,20	1,11	1,11	4,80	7,22	
	Compost	0	0,10	0,99	0,70	2,75	4,54	
		10	0,12	1,01	0,70	3,54	5,37	
		20	0,13	1,66	0,82	3,64	6,25	
	<u>N</u>	Paille	0	0,004	0,064	0,060	0,168	0,168
			10	0,005	0,058	0,053	0,275	0,391
			20	0,002	0,105	0,066	0,187	0,360
Fumier		0	0,002	0,072	0,052	0,224	0,350	
		10	0,004	0,073	0,060	0,395	0,532	
		20	0,004	0,063	0,076	0,338	0,481	
Compost		0	0,002	0,047	0,041	0,222	0,312	
		10	0,003	0,061	0,046	0,324	0,434	
		20	0,002	0,107	0,055	0,222	0,386	
<u>S</u>		Paille	0	0,4	23,0	14,4	49,2	87
			10	0,5	23,6	25,5	80,3	130
			20	0,3	40,2	20,8	78,4	140
	Fumier	0	0,1	14,3	14,2	112,0	155	
		10	0,5	21,2	23,8	127,3	173	
		20	0,6	17,5	16,7	162,4	197	
	Compost	0	0,3	26,5	27,6	66,5	121	
		10	0,4	24,8	23,1	74,1	122	
		20	0,4	34,2	21,2	69,5	125	
	<u>P</u>	Paille	0	0,2	8,2	10,2	36,9	56
			10	0,2	7,4	5,6	49,5	63
			20	0,1	13,7	8,5	50,4	73
Fumier		0	0,1	5,7	4,1	59,5	69	
		10	0,2	8,0	6,8	73,2	88	
		20	0,3	8,0	7,2	77,8	93	
Compost		0	0,1	8,5	7,3	57,6	74	
		10	0,2	3,6	5,3	69,5	79	
		20	0,2	12,0	10,5	51,0	74	

TABLEAU 24 - Essai N. Répartition du carbone dans les fractions granulométriques du sol  
 Résultats exprimés en gC/kg sol

Parcelle	Fraction			
	F 200	F 50	FOM	TOTAL
PNAN 1	2,48	1,70	5,82	10,0
PNAN 2	0,38	1,24	4,48	6,1