

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

INSTITUT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT N° d'Ordre :



THESE
DE TROISIEME CYCLE

Présentée pour obtenir le grade de
DOCTEUR EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Par

KAMBIRE Sami Hyacinthe

SUJET :

***SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS ET PRODUCTIVITE
DES SOLS FERRUGINEUX LESSIVES DU PLATEAU
CENTRAL (BURKINA FASO) :
Effets des Restitutions Organiques***

Soutenue le 8 Janvier 1994

Jury :

NONGONIERMA Antoine	Professeur U.C.A.D de Dakar	Président
BA Amadou Tidiane	Professeur U.C.A.D de Dakar	Rapporteur
SEDOGO P. Michel	Chargé de Recherche CNRST - Ouaga	Rapporteur
NDIAYE Jean Pierre	Directeur de Recherche ISRA - Dakar	Examineur
SOUMARE Séga	Maître - Assistant U.C.A.D de Dakar	Examineur
MATTY François	Maître - Assistant U.C.A.D de Dakar	Examineur

AVERTISSEMENT

"Par délibération, la Faculté et l'Institut ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'ils n'entendent leur donner aucune approbation, ni improbation".

A mon grand père in memorium

A mes parents, à mes frères et soeurs

A Georgette ma femme et à notre fils Angélo

AVANT-PROPOS

Ce document met un terme à une formation débutée depuis 1987 à l'Institut des Sciences de l'Environnement de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Il m'offre l'agréable plaisir d'exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de quelque manière que ce soit à sa réalisation. Mes remerciements vont particulièrement :

- aux membres du jury qui ont bien voulu consacrer leur temps à la lecture et au jugement de ce travail ;

- au Professeur Amadou Tidiane BA, Directeur de l'Institut des Sciences de l'Environnement (I.S.E) qui a autorisé mon admission en thèse et accepté en assurer la direction. Au cours de ces quatre années de collaboration, j'ai bénéficié de votre grande compréhension qui a d'ailleurs permis de surmonter les difficultés liées à la distance ;

- au Directeur de l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A.), Monsieur Célestin BELEM pour m'avoir offert le cadre matériel pour la réalisation de ce travail.

- au Chef du Programme ESFIMA, Monsieur François LOMPO pour mon admission au sein de son équipe. Je profite par la même occasion pour témoigner ma vive reconnaissance à l'ensemble des chercheurs du Programme ESFIMA pour l'ambiance amicale au sein de laquelle j'ai travaillé durant mon stage ;

- à Monsieur Michel SEDOGO, Directeur du CNRST, Chercheur à l'IN.E.R.A. pour m'avoir proposé un thème si passionnant et accepté la charge de diriger entièrement ce stage ; pour également avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires à sa réalisation ;

- à Monsieur W. GUENDA, Maître-assistant à la Faculté des Sciences et Techniques de Ouagadougou, pour sa bienveillante attention, son soutien constant et sa franche collaboration tout

le long de ce stage ;

- à Messieurs Victor HIEN et Lamourdia THOMBIANO, chercheurs à l'IN.E.R.A, pour leur contribution à l'amélioration de ce document ;

- à Monsieur François Matty, Maître-Assistant à l'Institut des Sciences de l'Environnement de Dakar, pour son esprit ouvert ayant permis d'avoir de riches discussions qui ont contribué à enrichir ce travail ;

- à Madame Aminata NIANE BADIANE, Messieurs Jean Pierre NDIAYE et Mamadou GUEYE, tous chercheurs à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, pour leur constante collaboration depuis six ans. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon amitié sincère;

- à Messieurs François ABOU et Seydou TRAORE, Chefs de station de Saria, Albert BARRO Responsable du Programme ESFIMA à Saria pour les services rendus.

- aux différents chercheurs impliqués dans l'exécution du projet pluridisciplinaire "Mécanismes d'Agrégation des Sols Tropicaux pauvres en argiles gonflantes", en particulier Messieurs Alain ANGE (IRAT-MONTPELLIER), L. LAVILLE-TIMSIT et Paul LECOMTE (BRGM-ORLEANS), Philippe DUTARTRE et François BARTOLI (CNRS-NANCY) et enfin Wilhem HOOGHMOED (Université de WAGENINGEN), avec qui j'ai appris beaucoup de choses sur le terrain ;

- aux différents responsables et agents des services de documentation que j'ai fréquentés notamment les services de documentation de l'ORSTOM (OUAGA et DAKAR), du CID, du CIRAD, de l'INERA-Station de Saria et direction générale, du CNRST, du CNRA de Bambey au Sénégal, du CIEH, du PNUD-Burkina Faso pour leur disponibilité ;

- aux techniciens et ouvriers des laboratoires ESFIMA de Saria et Kamboinsé : Omer SOUBEIGA, Jean Claude SAWADOGO, Martin RAMDE, Lassané KABRE, Michel TOUMDE, Adama BANDAOGO, Jean

Baptiste SOURWEIMA, Issa ILBOUDO et Jean Paul KABORE ;

- aux techniciens et ouvriers de la station de Saria qui ont connu avec moi l'ardeur du soleil, la pluie et les serpents au cours de mes travaux de terrain : Grégoire PALE, Didier KABORE, Gilbert KABRE, Antoine W. OUEDRAOGO et Taïbou KABRE ;

- aux braves paysans de Vili et Nandiala pour leur fructueuse collaboration ;

- à Monsieur Sansan YOUL pour sa contribution fort louable au traitement des données ainsi que Sita OUEDRAOGO ;

- à mon épouse ainsi qu'à Madame DA Christine pour la saisie du document.

Les conditions de vie et de travail particulièrement difficiles endurées au cours de ces quatre années de stage n'auraient pu être supportables et permettre la réalisation de ce travail sans l'appui matériel et moral des parents, amis et hommes de bonne foi. C'est donc une immense joie pour moi qu'une occasion me soit enfin offerte pour leur exprimer ma sincère reconnaissance. Je m'adresse particulièrement à :

- mes parents et beaux-parents, les familles Benoît KAMBIRE, Domboulté DA, Dominique KAMBIRE, Richard KAMBIRE, Ousséini LAMOUCRI ;

- mes chers amis Théophile KABORE, Mamadou FOFANA, Joseph I. BOUSSIM et familles respectives, Victorien Marie HIEN, El Hadj TRAORE, Inoussa OUEDRAOGO, Issaka OUEDRAOGO, Mahamadi DIANDA, Maurice RAMDE et Jean BADO.

Tableau 1. Variabilité fréquentielle de la pluviométrie annuelle. Période 1970-1987. Station de Saria, (SOME, 1989).

probabilité pluie > x	seuil en mm
0.8	687
0.5	722
0.2	787
moyenne de la période	741

Tableau 2. Variabilité fréquentielle de la pluviométrie mensuelle (en mm) au cours de la période 1970-1987. Station de Saria, (SOME, 1989).

FREQUENCE = 5/10							
AV.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEP.	OCT.	NOV.
19	74	107	153	186	136	23	0

1.2.2. Les autres paramètres climatiques

■ D'une façon générale les **températures** diurnes sous abris sont toujours plus élevées. On distingue :

- deux périodes de fortes températures respectivement de mars à mai, puis en octobre et novembre ;

- deux périodes relativement plus fraîches respectivement de décembre à février et de juin à septembre.

La température annuelle moyenne est de 28°C. Les températures mensuelles s'élèvent de 30°C, durant la saison humide, à 35° dès le mois d'octobre (ROOSE, 1979).

■ La moyenne annuelle de l'**insolation** est de 9 heures par jour. Le mois d'août est moins ensoleillé. Le rayonnement global est en moyenne de 2000 J.cm⁻² par jour. L'énergie ne constitue donc pas un facteur limitant à la production végétale et cela pendant toute l'année.

■ L'**humidité relative** est généralement très faible (10 à 20 p.c.) en milieu de journée. Elle peut dépasser 90 p.c. en saison pluvieuse au levé du jour.

■ Les mois les plus fréquemment affectés par un **vent** instantané supérieur ou égal à 5 m/s sont les mois de mai, juin, juillet, pendant la phase d'installation de la mousson puis septembre à la phase de son retrait.

■ L'**évapo-transpiration potentielle** (ETP) subit de fortes variations saisonnières. Elle est maximale durant la période chaude de la saison sèche, mais décroît rapidement à l'arrivée de la saison des pluies. L'ETP (TURC) à la station de Saria est de l'ordre de 2000 mm /an (ROOSE, 1979). Elle atteint 3 à 4 mm/jour en août et peut dépasser 7 mm/jour en saison sèche. Le pouvoir évaporant de l'air, facteur important dans le bilan hydrique des

cultures, est donc très élevé même au milieu de la saison des pluies.

1.3. La géologie et la géomorphologie

D'après les récents travaux de LAVILLE-TIMSIT et LECOMTE (1989), le substratum géologique, essentiellement granitique, est oblitéré par le manteau cuirassé largement représenté. On distingue, selon ces auteurs, deux systèmes cuirassés correspondant l'un aux buttes et plateaux limités par une corniche bien marquée et l'autre, aux zones de plaine avec un dénivelé de 30 à 40 m entre les deux. Ces deux niveaux de cuirassement seraient directement dépendants des mouvements tectoniques (fracturation, basculements, flexures...) par réajustements successifs jusqu'aujourd'hui peut-être).

Sur les buttes et plateaux, la cuirasse est épaisse (6 à 10 m), massive, de type nodulaire, tubulaire parfois alvéolaire ou pisolithique au sommet. Elle se dégrade en "lits" et blocs et forme parfois d'importants éboulis de pente.

En plaine, la cuirasse est moins épaisse (2 à 4 m rarement 6 m) et généralement plus nodulaire et alvéolaire que la précédente.

Trois grands types de roches ont été reconnus :

- un ensemble de granites calco-alcalins et de granodiorites plus ou moins migmatitiques ;
- un massif dioritique à tonalitique ;
- des septas de roche verte mal individualisés au sein de l'ensemble granitique.

1.4. La morpho-pédologie

La carte 3 réalisée par BERTRAND (1989) couvre les terroirs étudiés ainsi que la station de recherche agronomique de Saria. Elle permet de distinguer quatre interfluves. Chaque interfluve comprend principalement cinq unités morphopédologiques : le sommet d'interfluve, le haut de versant, le bas de versant, le remblai alluvial et les bas-fonds :

- Les **sommets d'interfluve** sont composés de témoins d'anciennes cuirasses ferriques souvent démantelées et dont les résidus reposent fréquemment sur des horizons carapacés ;

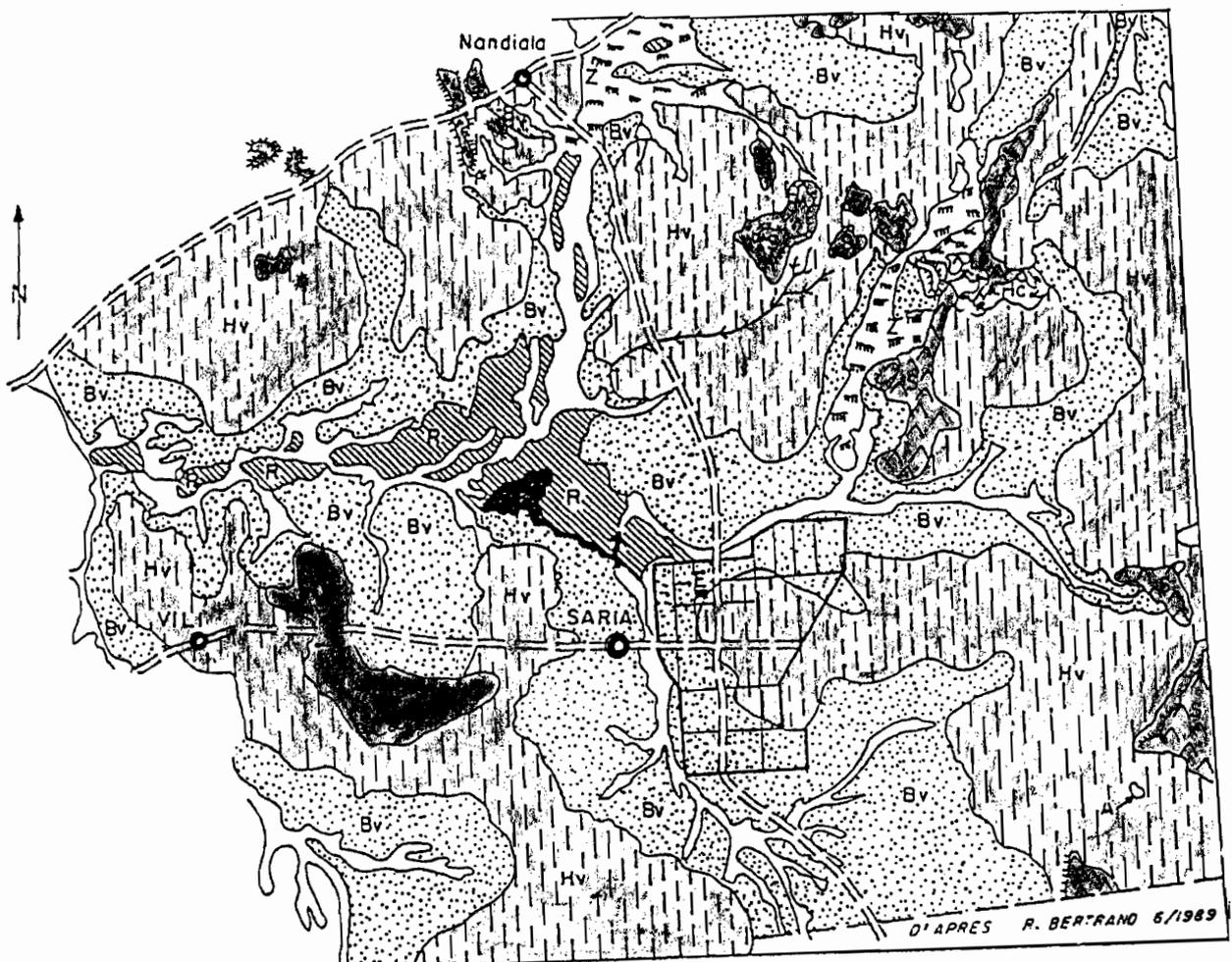
- Le **haut de versant** est caractérisé par des sols gravillonnaires fortement rajeunis dérivés d'altération monofersiallitique. Il est souvent cuirassé ou carapacé. Une rupture de pente nette sépare le haut de versant et le bas de versant ;

- Le **bas de versant** est également développé dans les matériaux résultant d'une altération monofersiallitique. Les sols de bas de versant sont souvent affectés par des processus de carapacement en lamelles. Ils sont souvent appauvris en surface par lessivage et par évacuation des particules les plus fines ;

- Le **remblai alluvial** est formé de matériaux limono-sableux ou limono-argilo-sableux gris ou jaunâtres. La nappe phréatique se trouve fréquemment à 2 ou 3 m de profondeur ;

- Les **bas-fonds** présentent des sols de texture très argileuse.

CARTE MORPHOPÉDOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE DE SARIA
(BURKINA FASO)



Légende

-  SOMMET D'INTERFLUVE : glacis cuirasses +/- démantelées
-  HAUT DE VERSANT à sols rajeunis et parfois indurés
-  HAUT DE VERSANT CUIRASSE
-  ZONE DE RAVINEMENT INTENSE
-  BAS DE VERSANT
-  REMBLAI ALLUVIAL
-  RAVINS
-  RETENUE D'EAU

1 km

Carte 3

Les sols dominants de la zone d'étude appartiennent à la **classe des sols à sesquioxydes** et au **groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou non**, issus d'une roche mère granitique.

Dans l'ensemble du profil la structure est faiblement développée à massive. La vitesse d'infiltration de l'eau dans un sol non labouré est de l'ordre de 10 mm/h d'où la tendance au ruissellement (ARRIVETS, 1974).

Au plan chimique, ces sols sont pauvres :

- Dans l'horizon de surface (0-20 cm) le taux de *carbone* est de 0.3 à 0.5 pour-cent , celui de l'*azote* de 0.3 à 0.5 pour mille avec des rapports C/N de l'ordre de 10.

- Pour une teneur moyenne en *argile* de 7 p.c. la *capacité d'échange cationique* est de l'ordre de 3 mé pour 100 g de sol avec un *taux de saturation* voisin de 50 p.c.

- Le *potassium échangeable* est voisin de 0.1 mé/100 g et représente alors une fraction moins importante de la somme des bases échangeables qui est autour de 1.5 mé/100 g.

- D'une manière générale les sols de Saria présentent une carence en *phosphore*.

2 - CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES ET DES SYSTEMES DE CULTURE

Les terroirs étudiés sont caractérisés par un important flux migratoire des jeunes, principalement vers la Côte d'Ivoire. Ce qui se traduit par un taux de masculinité de la population présente extrêmement bas pour les tranches d'âge 20-39 ans (BELIERES et *al.*, 1989 a). Cette situation aura des conséquences importantes sur la force de travail disponible pour la production

au niveau des exploitations.

Le nombre moyen de personnes par exploitation est de neuf dont quatre actifs ; mais ces actifs sont relativement âgés et sont essentiellement des femmes.

Il y a une grande disparité au niveau de la superficie cultivée par exploitation. Cette disparité s'explique par de nombreux facteurs :

- le nombre d'actifs par exploitation ;
- l'équipement agricole ;
- le type de terrains cultivés ;
- mais surtout la disponibilité foncière.

Le sorgho occupe l'essentiel des surfaces cultivées. Le maïs est réservé aux parcelles de case qui reçoivent la plus grosse partie de la fumure organique. Le mil est moins important que le sorgho et est cultivé sur les terres les plus pauvres. Il n'y a pas de culture de rente. Les légumineuses (arachide, voandzou) sont cultivées par les femmes sur de petites parcelles en culture pure. Il n'y a pas de rotation type. Le calendrier cultural comprend les opérations suivantes :

- Nettoyage de la parcelle

Dans le cas d'un sol précédemment cultivé, avant le semis, les repousses d'arbustes sont coupées et les quelques résidus de récolte présents (tiges de céréales) sont rassemblés et brûlés.

- Semis

Les semis commencent dès les premières pluies sans préparation du

sol. Les semis de céréales (mil, sorgho) sont en poquets distants de 40 à 60 cm avec une dizaine de graines associées le plus souvent au niébé (faible densité). Selon que les sarclages sont mécaniques ou manuels, les semis sont en ligne ou non.

- **Démariage**

Il est réalisé durant le premier sarclage. Le nombre moyen de pieds laissés par poquet est de trois (3).

- **Sarclage**

Ce sont les sarclages qui exigent le plus grand nombre de journées de travail. Ils sont réalisés soit à la main soit à l'aide d'une houe "manga" en traction asine. En général les paysans se contentent de deux ou trois sarclages par an, le premier exigeant plus de journées de travail car associant le démariage.

- **Fertilisation minérale des cultures**

D'une manière générale, l'utilisation des engrais est faible dans la zone d'étude. Entre 1983 et 1988 il y a eu une diminution importante de la pratique de la fertilisation minérale. Ceci est lié à l'augmentation du prix des engrais, et peut-être aussi à la disparition des cultures de rente et aux difficultés d'approvisionnement (BELIERES et *al.*, 1989 b). Les rares exploitants qui utilisent les engrais achètent des quantités tellement faibles que les doses d'apport sont très nettement en dessous de celles recommandées par les services de la vulgarisation agricole (100 kg d'engrais composé NPK/ha/an + 50 kg d'urée/ha/an pour le sorgho).

- **Fertilisation organique**

La fertilisation organique est une pratique ancienne dans la zone d'étude. Les principales sources de matières organiques pour les exploitations sont les déjections animales et le compost d'ordures ménagères ("tampouré").

L'importance de la fumure animale est liée au nombre d'animaux présents sur l'exploitation et au système d'élevage.

L'élevage de bovins est pratiqué presque exclusivement par les exploitations en traction bovine qui disposent ainsi de quantités relativement importantes de fumier.

Durant la saison sèche, à la suite d'un contrat de parcage entre le cultivateur mossi et l'éleveur peulh, certaines parcelles bénéficient d'importantes déjections d'un troupeau de boeufs qui y est parqué pendant un certain temps. Malheureusement avant le début de la saison des pluies la plus importante partie est ramassée par les femmes pour des utilisations domestiques.

- Gestion des résidus de récolte

Au moment des semis, il ne reste pratiquement plus de résidus sur les champs. Les fanes de légumineuses (arachide, pois de terre et niébé) sont ramassées et stockées comme fourrage durant la saison sèche. Une partie des tiges de mil et de sorgho est ramassée pour la confection des clôtures des jardins dans les exploitations qui en possèdent. Une autre partie est utilisée comme fourrage pour les bovins.

CONCLUSION

Les traits essentiels de notre zone d'étude peuvent se résumer en quelques termes : le milieu physique est caractérisé par l'alternance d'une longue saison sèche et d'une saison pluvieuse. La pluviométrie présente une forte variabilité dans l'espace et dans le temps. Les sols de haut de versant et de bas de versant sont sableux. Ils sont pauvres en éléments nutritifs et en matière organique. La croissance démographique rapide dans cette zone a entraîné une saturation des terres agricoles d'où une tendance à la

généralisation de la pratique de la culture continue de céréales. L'utilisation des intrants agricoles (engrais, charrue, variétés améliorées de plantes, etc.) ainsi que l'association agriculture-élevage sont faibles.

L'analyse détaillée des principaux systèmes de culture, des conditions du milieu physique des situations étudiées et la description des méthodes de laboratoire sont présentées dans la partie suivante.

DEUXIEME PARTIE

DEMARCHE METHODOLOGIQUE

CHAPITRE III : LES ENQUETES DE TERRAIN-CHOIX DES SITUATIONS CULTURALES

1. CHOIX DES SYSTEMES DE CULTURE

L'objectif de l'étude, les données recueillies sur la bibliographie ainsi que les résultats des enquêtes préliminaires conduites auprès des paysans ont permis de repérer deux principaux systèmes de culture dont le critère essentiel de différenciation est la présence ou non dans le système de restitutions organiques au sol.

1.1. Les caractéristiques propres aux systèmes de culture

■ La caractéristique principale du "*système de culture avec restitutions organiques*" est la pratique régulière de restitutions organiques au sol. Ces restitutions peuvent se faire selon deux modalités :

- Restitutions organiques par voie naturelle
(jachère de longue durée).

L'entretien de la fertilité des champs est assuré par l'intercalation d'une jachère après une courte période de culture (3 à 6 ans en moyenne). La durée de cette jachère peut être variable. Mais pour ce qui concerne notre étude, nous avons seulement considéré les cas où la durée de la jachère est suffisamment longue (plus de 10 ans) pour permettre une régénération de la

fertilité des sols.

- Restitutions organiques par des apports réguliers
d'amendements organiques au sol

Le maintien de la capacité productive du sol soumis à ce système de culture est assuré par des apports réguliers d'amendements organiques. Concernant les terroirs étudiés, la matière organique apportée au champ est essentiellement sous forme de compost fabriqué à partir d'un mélange d'ordures ménagères, de résidus de récolte et de déjections de bétail.

Le produit apporté est de qualité généralement moindre que celle utilisée dans les stations expérimentales (Tableau 3).

■ A l'opposé du premier, le "*système de culture sans restitutions organiques*" se caractérise par l'absence de toute forme d'apport au sol de matière organique en dehors évidemment des restitutions obligatoires que sont les racines des cultures. Il concerne des champs en culture continue depuis plusieurs années : plus de 30 ans en général.

1.2. Les caractéristiques communes

Pour l'ensemble des deux systèmes de culture à l'étude il s'agit d'une monoculture de sorgho (rouge et blanc). La variété de plante cultivée est caractérisée par sa grande tige pouvant atteindre 4-5 mètres. Le rapport grain-paille est de 20-25 p.c. à l'ordinaire, et peut atteindre 30 p.c. avec une alimentation chimique et hydrique optimum (ARRIVETS, 1976). Le plant ne talle pas dans des conditions normales et donne une grande panicule lâche et retombante à maturité.

Tableau 3. Teneurs en éléments totaux de quelques amendements organiques

Echantillon	C (p.c.)	N (p.m.)	P (p.c.)	K (p.c.)	C/N
1	3.83	0.24	0.05	-	16
2	12.79	0.79	0.10	-	16
3	3.78	0.17	0.07	-	22
4	3.97	0.31	0.06	-	13
5	3.75	0.15	0.03	-	25
6	5.98	0.25	0.04	-	40
7	39.4	4.23	0.06	0.77	93
8	42.2	5.19	0.07	0.27	81
9	32.5	7.62	0.09	0.80	43
10	21.7	14.74	0.24	1.62	15

NB :

1 à 6 : compost prélevé en milieu paysan (BONZI, 1989)

7 : paille de sorgho (SEDOGO, 1981)

8 : compost anaérobie "

9 : compost aérobie "

10 : fumier "

p.c. : pour-cent

Les résidus de récolte sont entièrement exportés des parcelles et utilisés comme combustible, pour l'alimentation des animaux ou pour la confection des clôtures.

Le sarclage mécanique à la houe "manga" et le semis en ligne constituent la seule marque d'une certaine modernisation de cette agriculture. Le labour à la charrue est rare.

D'une manière générale les itinéraires techniques pratiqués diffèrent fort peu et leur variabilité dépend des intervalles de temps entre le semis et le premier sarclage et entre les sarclages, ces intervalles de temps étant fonction du type de terrain et de la disponibilité en temps de travail. Le nombre total de sarclages observés ne dépasse pas trois.

2. PASSE CULTURAL ET SUIVI DES ITINERAIRES TECHNIQUES

Des parcelles ont été retenues sur les principales unités morphopédologiques définies sur la carte 3. Dans le souci d'identifier avec précision les itinéraires techniques des cultures et les rendements, il a été nécessaire de travailler à l'échelle de la "station" ou "placette". La station (ou placette) est définie comme une "unité de surface élémentaire permettant de contrôler de façon précise soit l'état du milieu, soit l'état de la végétation cultivée (JOUVE, 1990).

■ Collecte des données sur le passé cultural

Au cours d'entretiens avec les paysans, des informations relatives à l'histoire culturelle des parcelles ont été recueillies. Les questions concernent certaines variables essentielles pouvant déterminer l'évolution de la fertilité des sols, telles que :

- la durée de mise culture (âge) ;
- les successions culturales ;
- la place de la jachère dans l'histoire de la parcelle ;
- la pratique de la fertilisation minérale ;
- l'utilisation des amendements organiques ;
- les outils de travail.

■ Suivi des itinéraires techniques

Les données recherchées concernent aussi bien les dates que les modes de réalisation des différentes opérations suivantes : préparation du sol, semis, sarclage, démariage.

■ Contrôle phytosanitaire

Parallèlement au suivi des différentes opérations culturales se déroulant sur la parcelle, on note l'éventuelle présence de maladies, parasites et ravageurs ainsi que le niveau de maîtrise des adventices.

■ Mesures sur le peuplement végétal

A la récolte toute la placette de 200 m² est récoltée et les mesures suivantes ont été réalisées :

- rendement- paille ;
- rendement-panicules ;
- rendement-grain ;
- composantes du rendement (nombre de grains/m², poids moyen d'un grain).

3. DESCRIPTION DES UNITES DE MILIEU

En nous appuyant sur les travaux de BERTRAND (1989) complétés par nos propres observations de terrain (observations de profils pédologiques, du régime hydrologique, du comportement des cultures), il a été possible de préciser les caractéristiques des unités de milieu sur lesquelles les parcelles échantillonnées sont placées. Ces unités, qui correspondent à un niveau inférieur d'organisation des principales unités morphopédologiques, constituent des surfaces homogènes présentant pour les plantes cultivées les mêmes contraintes. Nous conviendrons d'appeler ces surfaces "unités agrotechniques" (UAT). Certaines unités ont été éliminées parce que non représentatives. De même, des parcelles présentant certaines particularités ont également été écartées :

- forte érosion hydrique (passage d'eau) ;
- engorgement prolongé des horizons de surface ;
- parcelles fortement infestées par le *Striga*.

Finalement, l'étude détaillée sera conduite à termes sur une population de vingt sept (27) parcelles (dont une savane reconstituée par une longue jachère) regroupées dans les unités suivantes (Tableau 4).

3.1. LES UNITES DE LA TOPOSEQUENCE DE NANDIALA

■ Le haut de versant

Les sols des parcelles enquêtées reposent sur un biseau cuirassé très distendu, ils sont sableux et gravillonnaires. La profondeur du

sol est limitée par la présence d'une cuirasse à 40 cm environ.

En fonction de l'importance des gravillons dans l'horizon de surface on a distingué deux unités agrotechniques : **UAT1** avec 60 à 70 p.c. en poids de gravillons et **UAT2** avec 5-20 p.c. de gravillons.

■ Le bas de versant

Il comprend une unité agrotechnique (**UAT3**) et présente des sols non gravillonnaires sableux en surface qui deviennent limono-argilo-sableux puis argilo-sableux en profondeur. On peut observer en profondeur de nombreuses taches et nodules de fer dans une matrice beige très claire. Vers 1 m de profondeur une cuirasse limite le profil.

■ Le remblai alluvial

Il est faiblement représenté dans la zone d'étude. Il succède au bas de versant. Les sols sont limono-sableux à limono-argilo-sableux gris ou jaunâtres tachetés avec une nappe vers deux mètres de profondeur. Il comprend l'unité agrotechnique **UAT4**.

3.2. LES UNITES DE LA TOPOSEQUENCE DE VILI

Sur cette toposéquence, seuls le haut de versant et le bas de versant ont été échantillonnés.

■ Le haut de versant

Il est largement représenté. Les sols présentent des horizons de surface très gravillonnaires (**UAT5** avec 60-70 p.c. d'E.G.) et moyennement gravillonnaires (**UAT6** avec 40-50 p.c.). Ils sont sableux en surface et

deviennent limono-argilo-sableux jaune-grisâtres à environ 30 cm et toujours gravillonnaires. Ce dernier horizon repose sur des horizons massifs, assez compacts, tachetés dans lesquels la structure de la roche-mère est reconnaissable : c'est une altérite à très gros quartz.

■ **Le bas de versant**

Les gravillons (de quartz) sont moins abondants (5-20 p.c.). En surface le sol a un aspect blanchâtre. Sur une vingtaine de centimètres d'épaisseur (parfois 40 cm), le sol est gris très clair et quartzeux. Cet horizon repose sur un autre, argilo-sableux ou limono-argilo-sableux blanchi à grandes taches ferrugineuses en réseau discontinu, plus cohérentes que la matière blanche. Parfois, sur 50 à 60 cm, des nodules de fer et manganèse sont visibles. Cet horizon très meuble, a l'aspect structural de la roche-mère granitique. Les parcelles échantillonnées sont regroupées au sein de l'unité UAT7.

4. CONCLUSION : DEFINITION DES SITUATIONS CULTURALES

L'analyse détaillée du milieu physique a abouti à l'identification de quatre (4) unités de milieu homogène (UAT) sur la toposéquence de Nandiala et de trois (3) autres sur la toposéquence de Vili. Ce niveau de perception présente du point de vue méthodologique un avantage certain car il correspond à une échelle de comportement du peuplement végétal. Cependant dans un souci de simplification, nous avons recherché un critère suffisamment pertinent pouvant conduire à des ensembles plus vastes mais homogènes vis-à-vis du comportement des plantes cultivées. C'est ainsi que nous avons retenu la charge en éléments grossiers de l'horizon de surface comme critère de stratification du milieu physique. Au total trois types de milieu homogène (du

point de vue du volume de terre fine de l'horizon de surface) ont été retenus lorsque l'on considère l'ensemble des deux terroirs :

- Milieu 1 : 60-70 p.c. d'éléments grossiers

Il correspond à la partie la plus gravillonnaire des sols de haut de versant des deux toposéquences étudiées. Les éléments grossiers sont constitués d'un mélange à des proportions variables de débris de cuirasses, de quartz et de carapace.

- Milieu 2 : 40-50 p.c. d'éléments grossiers

La proportion d'éléments grossiers par rapport à la terre fine est toujours importante (40-50 p.c.). Il regroupe des sols de haut de versant.

- Milieu 3 : 5-20 p.c. d'éléments grossiers

Le taux d'éléments grossiers est très faible et son influence sur les propriétés des sols et les cultures peut être considérée comme négligeable. Le secteur 3 est plus hétérogène. Il regroupe principalement les sols de bas de versant des deux toposéquences et les sols limono-argilo-sableux du remblai alluvial de la toposéquence de Nandiala.

La mise en oeuvre d'un système de culture donné sur un milieu physique homogène conduit par définition à une situation culturale. Dans le tableau ci-dessous (tableau 5) cinq situations culturales ont été obtenues.

Les situations 1, 2 et 3 correspondent à ce qu'on appelle communément les champs de case. Le nombre réduit d'échantillons de la situation 5 s'explique par la disparition progressive des jachères de longue durée dans la zone d'étude.

D'après nos observations de terrain, il est important de souligner que dans les systèmes de culture où les restitutions organiques au sol se font par les paysans eux-mêmes, les quantités de matière organique apportée par unité de surface sont voisines dans l'ensemble. Cependant lorsque l'on rapporte ces mêmes quantités au poids de sol de l'horizon de surface, on aboutit à trois doses d'apport compte tenu des trois milieux définis plus haut sur la base de l'importance des éléments grossiers. Ce fait nous permet d'étudier l'influence d'apports répétés de différentes doses de matière organique sur les caractéristiques physiques, chimiques et le statut organique des sols. Les différents traitements peuvent se résumer de la façon suivante :

- **Témoin** sans restitutions organiques : situation 4 ;
- Restitutions organiques à **dose faible** : situations 3 et 5 ;
- Restitutions organiques à **dose moyenne** : situation 2 ;
- Restitutions organiques à **dose forte** : situation 1.

En tenant ainsi compte du poids de terre fine de l'horizon de surface, on peut considérer que la dose moyenne (Dm) est égale au double de la dose faible (Df) et la dose forte (DF) au triple de la dose faible : $Dm = 2 \times Df$; $DF = 3 \times Df$.

Des travaux ultérieurs tendant à quantifier ces doses d'apport sont souhaitables.

Tableau 4. Stratification du milieu physique

TOPOSEQUENCE	UNITE MORPHO-PEDO-LOGIQUE	UNITE AGRO-TECHNIQUE	ELEMENTS GROSSIERS (p.c.)	PARCELLE		GRANULOMETRIE (p.c)		
				N°	NOM	A+L (0-50 μ)	SF (50-200 μ)	SG (200-2000 μ)
NANDIALA	Haut de versant	UAT1	60-70	1	SIN	40.6	29.9	29.5
				2	YEM	47.1	26.6	26.3
		UAT2	5-20	3	YN	26.8	32.9	40.2
				4	WE	28.3	32.1	39.5
				5	YS	28.6	31.2	40.2
				6	WW	33.1	31.3	35.6
				7	SOB	46.6	27.4	25.9
	Bas de versant	UAT3	5-20	8	BAG	31.7	25.4	42.9
				9	RN	43.2	30.6	26.2
				10	RS	43.2	31.2	25.6
	Remblai alluvial	UAT4	5-20	11	IS	58.6	21.0	20.4
				12	IN	60.0	24.7	15.3
VILI	Haut de versant	UAT5	60-70	13	MOU	39.3	28.0	32.7
				14	AN	40.5	25.1	34.4
		UAT6	40-50	15	ETW	32.9	17.5	49.6
				16	ETS	35.8	20.4	43.8
				17	AL	36.9	14.6	48.5
				18	WS	37.9	18.7	43.4
	19			ETN	41.6	16.9	41.4	
	Bas de versant	UAT7	5-20	20	BOM	29.8	15.6	54.7
				21	RAW	32.1	17.9	50.1
				22	GE	32.5	22.7	44.8
				23	RAE	34.2	12.6	53.2
				24	ER	34.6	16.3	49.1
				25	YV	37.1	17.7	45.4
26				PAW	39.8	16.1	44.8	
27	JV	51.8	23.7	24.5				

Tableau 5. Caractéristiques principales des situations culturelles étudiées

Charge en éléments grossiers (p.c.)	Système de culture	Age de mise en culture	Station		Situation	
			N°	Nom		
60-70	"Avec restitutions organiques (apport compost)	plus de 30 ans culture continue	1	MOU	1	
			2	AN		
			3	SIN		
			4	YEM		
40-50					1	ETW
			2	ETS		
			3	AL		
			4	WS		
			5	ETN		
5-20			1	YN	3	
				2		WE
				3		BAG
				4		RAW
				5		WW
				6		ER
				7		YV
				8		RS
				9		SOB
				10		IN
	"Sans restitutions organiques "		1	YS	4	
				2		BOM
				3		RAE
				4		RN
				5		IS
	"Avec restitutions organiques (jachère longue)	3 ans 5 ans jachère	1	GE (C5)	5	
				2		PAW(C3)
				3		JV

CHAPITRE IV : METHODES D'ANALYSES PHYSICO- CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Les analyses physico-chimiques de laboratoire ainsi que les manipulations microbiologiques ont été réalisées pour l'essentiel dans les laboratoires du programme E.S.F.I.M.A. de l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A.) du Burkina Faso dans les stations de Saria et Kamboinsé.

1. PRELEVEMENTS DE SOL

- Après les récoltes de la première année d'étude (campagne 1989-1990), des prélèvements de sol ont été faits sur les différentes placettes en décembre 1990. Un échantillon moyen de l'horizon de surface (O-20 cm) est obtenu par station à partir de 10 prises de terre uniformément réparties sur toute la surface de la placette à l'aide d'une pioche. Ces échantillons, d'environ 40 kg, sont destinés aux analyses physico-chimiques ainsi qu'à la caractérisation de la matière organique par fractionnement granulométrique.

- Dès les premières pluies de la deuxième année d'étude (campagne 1990-1991), on prélève sur la couche O-20 cm, des échantillons de terre humide au niveau de quelques stations (6) pour les analyses microbiologiques. Un échantillon moyen par parcelle, provenant d'un mélange de 20 prises de terre réalisées à l'aide d'une sonde métallique, est immédiatement transporté au laboratoire et conservé dans un congélateur.

2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

■ Détermination de la charge du sol en éléments grossiers

La plupart des sols étudiés présentent des graviers en surface dans la couche prélevée (0-20 cm). Leur abondance par rapport à l'ensemble du sol (graviers et terre fine) a été estimée après tamisage à l'aide d'un tamis à maille carrée de 2 mm. On détermine le poids des graviers (gravillons ferrugineux et quartz) par rapport au poids total du sol en pour-cent.

■ Granulométrie

Elle est réalisée par la méthode internationale adaptée à la pipette Robinson après destruction de la matière organique par l'eau oxygénée et dispersion des agrégats par l'hexamétaphosphate de sodium. Trois fractions ont été déterminées : la somme argile et limon (0-50 μm), les sables fins (50-200 μm) et les sables grossiers (200-2000 μm).

■ pH

Le pH du sol est mesuré au pH-mètre électronique sur une suspension de terre fine dont le rapport sol-solution est égal à 1/2.5. Le pH_{eau} est mesuré sur une suspension terre + eau distillée et le pH_{KCl} sur une suspension terre + solution normale de KCl.

■ Carbone total

Le carbone total est dosé par la méthode WALKLEY-BLACK. Elle consiste à oxyder le sol à froid par du bichromate de potassium 1M en excès en milieu sulfurique. L'excès de bichromate non réduit par le carbone est alors titré par une solution de sel de Mohr en présence d'un indicateur coloré, la phénanthroline. Le taux de matière organique (MO) est obtenu par l'application de la formule : $\text{MO (p.c.)} = \text{C (p.c.)} \times 1.72$, C étant la teneur du sol en carbone total.

■ Azote total

L'azote total est obtenu par la méthode KJELDAHL. L'échantillon de sol subit une attaque par l'acide sulfurique concentré bouillant en présence d'un catalyseur et conduit à la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal. L'ammoniac est déplacé par distillation en présence de la soude 10N et recueilli dans une solution d'acide borique à 2 p.c. contenant un indicateur coloré constitué de rouge de méthyle et de vert de bromocrésol. L'azote est ensuite dosé directement par l'acide sulfurique N/50.

■ Capacité d'échange cationique et bases échangeables

Les bases échangeables sont déplacées du complexe absorbant par une solution de thiourée d'argent ($\text{AgH}_2\text{NCNH}_2$).

La capacité d'échange cationique, le sodium et le potassium sont mesurés par photométrie de flamme, le calcium et le magnésium par spectrométrie d'absorption atomique.

■ Phosphore total

Le phosphore total est dosé par colorimétrie automatique après attaque des échantillons de sol par l'acide perchlorique (60 p.c.) à chaud.

■ Phosphore assimilable

Il a été déterminé par la méthode BRAY n°2 dont la solution d'extraction est constituée de fluorure d'ammonium (NH_4F) 0.3M et d'acide chlorhydrique (HCl) 0.1N. Le dosage est fait par colorimétrie automatique.

3. FRACTIONNEMENT GRANULOMETRIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

La méthode de fractionnement granulométrique dérive de celle décrite par FELLER (1979) et est schématisée sur la figure IV.1. La

destruction des agrégats organo-minéraux se fait par agitation du sol sous eau (100 g de sol + 350 ml d'eau distillée + 5 billes de verre) dans des pots plastiques. L'agitation qui dure une heure de temps est suivie d'une séparation des différentes fractions par tamisages sous eau à l'aide de deux tamis à mailles carrées de 200 et 50 μm . Après séchage à 60-70°C à l'étuve pour les fractions de taille supérieure à 50 μm et sur plaque chauffante pour la fraction de taille inférieure à 50 μm , chaque fraction est finement broyée.

Sur chaque échantillon, le fractionnement est conduit en trois répétitions.

Les résultats des teneurs en carbone des différentes fractions sont exprimés suivant trois manières :

- en milligrammes de carbone par gramme de la fraction obtenue après séparation (teneur en carbone de la fraction) ;
- en milligrammes de carbone par gramme du sol non fractionné (contenu en carbone de la fraction) ;
- en pour-cent du total de carbone du sol (importance relative de chaque fraction).

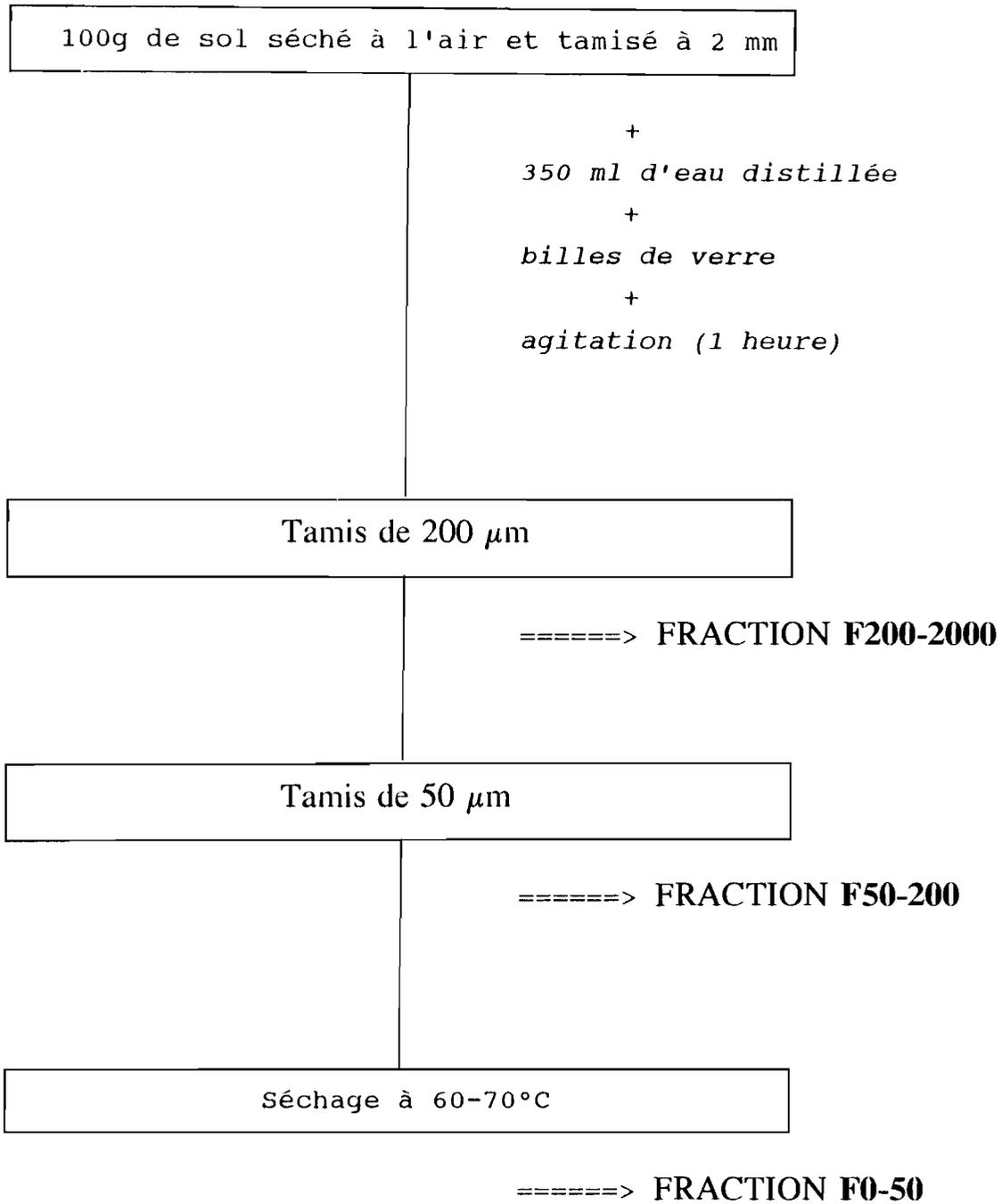


Figure 3. Schéma du fractionnement granulométrique de la matière organique du sol (FELLER, 1979).

4. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Les mesures de biomasse microbienne ont été réalisées selon la technique proposée par CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982) s'inspirant de la méthode de fumigation au chloroforme préconisée par JENKINSON et POWLSON (1976).

■ Préparation des échantillons

Les études sont effectuées sur des échantillons moyens obtenus à partir de 20 prises de sol uniformément réparties sur la surface d'une placette de 20m x 10m à l'aide d'une sonde métallique sur l'horizon 0-20 cm. Ces échantillons frais ont été conservés dans un congélateur jusqu'au moment de la manipulation. Ils sont alors bien homogénéisés et tamisés à l'aide d'un tamis à maille carrée de 5 mm.

■ Fumigation

A raison de 3 répétitions par échantillon, on place 100 g de terre dans un dessiccateur à l'intérieur duquel se trouve du chloroforme contenu dans un bêcher. Grâce à une pompe à vide reliée au dessiccateur, on réalise le vide dans l'enceinte et les échantillons sont laissés pendant 48 heures en présence de vapeurs de chloroforme. Ces vapeurs sont alors retirées des échantillons par 4 vides successifs entrecoupés de rinçages à l'air.

■ Incubation

Les échantillons fumigés et humidifiés aux 2/3 de la capacité maximale de rétention sont placés dans des bocaux à stériliser d'un litre. Dans chaque bocal on introduit un flacon contenant 10 ml de NaOH 0.1N destiné à piéger le CO₂ dégagé et un autre contenant simplement de l'eau distillée

dégazée dans le but de maintenir dans l'enceinte une atmosphère humide. On prévoit pour chaque échantillon un témoin non fumigé. Afin de tenir compte, dans les calculs, de la carbonatation initiale de la soude on dispose d'un "blanc" (bocal vide + soude 0,1N). Pour l'ensemble des mesures, on réalise trois répétitions. Les échantillons hermétiquement fermés sont mis à incuber à une température voisine de 30 ± 2 °C pendant 21 jours.

■ Dosage du CO₂

Le gaz carbonique dégagé par le sol et piégé dans la soude 0,1N est dosé à un rythme d'une fois toutes les 24 heures au cours de la première semaine d'incubation puis toutes les 48 heures au cours des deux dernières semaines. Le dosage se fait sur l'excès de soude par HCL 0,1N en présence d'un indicateur coloré, la phénolphaléine, après précipitation du carbonate de sodium par du chlorure de baryum.

■ Expression des résultats

. Calcul de la biomasse microbienne

La quantité de carbone microbien (C-Biomasse) est calculé en appliquant la formule suivante :

$$\text{C-Biomasse} = \text{"Flush"}/Kc$$

Le "Flush" de décomposition des corps microbiens tués par le chloroforme est apprécié par le dosage du CO₂ dégagé entre zéro et sept jours et entre sept et quatorze jours :

$$\text{Flush} = F(0-7j) - F(7-14j)$$

F(O-7j) : Carbone dégagé sous forme de CO₂ par l'échantillon fumigé entre 0 et 7 jours d'incubation.

F(7-14j) : Carbone dégagé sous forme de CO₂ par l'échantillon fumigé entre 7 et 14 jours d'incubation.

Le coefficient **Kc** représente la fraction minéralisable, durant l'incubation, du carbone microbien total. A défaut d'être déterminé pour un sol donné CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982) préconisent de prendre **Kc = 0,41**.

Tous les résultats (carbone de la biomasse et Flush) sont exprimés en mg de carbone pour 100 g de sol sec ou en mg de carbone par kg de sol sec.

. Activité respiratoire des sols

L'activité respiratoire des sols, appréciée par la mesure du carbone dégagé sous forme de gaz carbonique, s'exprime par rapport à un poids de sol donné (mg C-CO₂ pour 100 g ou 1 kg de sol sec et par jour) ou par rapport au carbone total du sol.

TROISIEME PARTIE

**EVALUATION DE LA PRODUCTIVITE DES SOLS
SOUS SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS : ETUDE
DES EFFETS D'APPORTS REPETES DE MATIERE
ORGANIQUE SUR LA PRODUCTION DU SORGHO,
LES CARACTERES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET
BIOLOGIQUES DES SOLS**

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE

Les successions culturales et les différents itinéraires techniques appliqués par l'agriculteur à la parcelle cultivée induisent des modifications des caractéristiques des sols.

D'après SEBILLOTE et *al.*(1989), les modifications profondes des effets cumulatifs des systèmes de culture qui affectent d'une manière permanente le sol constituent "les mémoires des sols". Il ne faut cependant pas perdre de vue les modifications à caractère fugace et réversible relevant des variations saisonnières. L'étude abordée dans cette partie qui comporte deux chapitres (chapitres V et VI), concerne principalement la première catégorie de modifications.

Dans le chapitre V, on tente d'apprécier les effets induits d'apports répétés de matière organique au sol sur le rendement d'une culture de sorgho, les caractères physiques (granulométrie) et chimiques (carbone total, azote total, phosphore total et assimilable, capacité d'échange cationique et taux de saturation, acidité, bases échangeables, équilibres chimiques) de l'horizon de surface des sols. La méthode d'approche utilisée est double : d'une part on procède variable par variable en examinant les valeurs prises au niveau des différentes situations culturales, d'autre part on réalise une analyse statistique multivariée (Analyse factorielle en composantes principales) qui permet de résumer un grand nombre de variables quantitatives par un nombre limité de nouvelles variables.

Le chapitre VI est consacré à l'étude des modifications des caractéristiques de la matière organique du sol, du niveau de la biomasse microbienne et du pouvoir minéralisateur des sols en fonction des systèmes de culture.

<p>CHAPITRE V : EFFETS DES RESTITUTIONS ORGANIQUES SUR LA PRODUCTION DU SORGHO ET LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS</p>

1. EFFET DES RESTITUTIONS ORGANIQUES SUR LA
PRODUCTION DU SORGHO

Après une description des conditions générales de déroulement de la campagne, nous examinerons l'effet des restitutions organiques respectivement sur le rendement en matière sèche de l'ensemble de la partie aérienne de la plante, le rendement-paille, le rendement-grain et les composantes du rendement-grain.

1.1. Conditions générales de la campagne culturale

Les relevés pluviométriques obtenus dans les deux villages enquêtés pour l'année 1990 sont proches de ceux de la station de Saria.

Le volume total de pluie enregistré au cours de cette campagne à la station de Saria est de 619 mm. Il est donc déficitaire puisque la moyenne annuelle est de 800 mm. Ce déficit a été surtout marqué dans la dernière phase (mi-septembre à octobre) du cycle de la culture du sorgho (Annexe I).

D'une manière générale les itinéraires techniques pratiqués sur ces parcelles ont été assez homogènes :

- Pour l'ensemble des parcelles enquêtées, il y a eu un faible écart entre les dates de semis qui se situaient entre le 30 mai et le 5 juin 1990 ;

- Le niveau de maîtrise des adventices a été dans l'ensemble bon et le suivi phytosanitaire n'a pas révélé d'attaques notables de maladies, parasites et ravageurs sur les cultures.

Ces conditions permettent de réduire les facteurs d'hétérogénéité des rendements non liés aux états du sol créés par les systèmes de culture que l'on se propose de comparer.

1.2. Résultats

On trouvera dans l'annexe 2 les résultats détaillés. La moyenne par situation culturale (ou traitement) est consignée dans le tableau 6. Des illustrations graphiques mettant en relief les effets des restitutions organiques au sol sur les rendements en paille et en grain sont présentées sur les figures 4 et 5.

Dans les situations culturales recevant généralement la fumure organique (situations 1, 2 et 3), il nous a paru utile de faire la distinction entre :

- les parcelles ayant reçu la fumure avant l'installation des cultures de la campagne et sur lesquelles on mesure l'"effet direct" des apports organiques,

- et celles n'ayant pas reçu. Sur ces dernières, on mesure l'"effet résiduel" par rapport au témoin absolu (Situation 4). Cet effet résulte des applications antérieures de la matière organique au sol.

■ Effet sur la production de matière sèche totale

La matière sèche totale est la somme des parties aériennes de la plante. Elle comprend les organes végétatifs et les organes de reproduction

présentent les rendements les plus élevés. Les surplus de rendement sont :

	Dose faible (sit.3+5)	Dose moyenne (sit.2)	Dose forte (sit.1)
moyenne	+117 p.c.	+68 p.c.	+149 p.c.
effet résiduel	+ 48 p.c.	+0 p.c.	+ 42 p.c.
effet direct	+130 p.c.	+114 p.c.	+254 p.c.

. En moyenne et par rapport au témoin absolu (Situation 4), on enregistre un gain de 1435 tonne de paille par hectare soit une augmentation de 117 p.c. pour la dose faible. La dose forte accroît le rendement-paille de 149 p.c. et la dose moyenne de 68 p.c. Les restitutions organiques entraînent par conséquent une meilleure croissance des cultures. Comme le montrent les figures 4 et 5, l'effet est cependant variable selon le régime d'entretien organique du sol.

Ainsi, les gains de rendement en paille dus aux apports organiques sont pour la dose faible de 48 p.c. en effet résiduel et de 117 p.c. en effet direct ; pour la dose moyenne, l'effet résiduel est nul ; par contre en présence d'une fumure organique annuelle le rendement est doublé. Concernant la dose forte, le surplus de rendement qui est de 42 p.c. en effet résiduel devient 254 p.c. en effet direct. *La fumure organique a donc tendance à favoriser une meilleure croissance des plantes en effet direct aux plus fortes doses même en présence d'un volume de sol réduit par les éléments grossiers (Situation 1).*

■ **Effet sur la production de grain**

Le rendement moyen est de 627 (\pm 259) kg/ha pour l'ensemble de l'échantillon. Comme pour la paille, les rendements les plus élevés sont observés dans les situations "avec restitutions organiques". En moyenne la

dose faible a entraîné un gain de rendement de 344 kg/ha soit une augmentation de 83 p.c. par rapport au témoin, la dose moyenne un surplus de 38 p.c. et la dose forte seulement un gain de 21 p.c. Cette tendance est maintenue aussi bien en effet résiduel qu'en effet direct (Figures 4 et 5).

S'agissant de la production de grain, on pourrait conclure que *l'effet négatif de la réduction du volume de sol utile par les éléments grossiers masque l'effet d'apport de fortes doses d'amendement organique.*

	Dose faible (sit.3+5)	Dose moyenne (sit.2)	Dose forte (sit.1)
moyenne	+83 p.c.	+38 p.c.	+21 p.c.
effet résiduel.....	+18 p.c.	+0 p.c.	+0 p.c.
effet direct	+103 p.c.	+64 p.c.	+46 p.c.

■ Effet sur les composantes du rendement

D'une manière générale, pour une céréale on peut écrire :

$$\text{Rendement Grain} = \text{Nombre de grains/m}^2 \times \text{Poids moyen d'un grain}$$

Chaque composante est influencée par les facteurs et conditions du milieu qui ont prévalu pendant sa phase de formation.

Avant d'aborder l'étude des effets d'apports de matière organique sur les composantes du rendement de la culture du sorgho, il nous a paru intéressant d'examiner de manière sommaire les relations d'une part entre les composantes du rendement-grain et le rendement, d'autre part entre les deux composantes du rendement. Ces différentes relations sont illustrées sur les figures 6, 7 et 8.

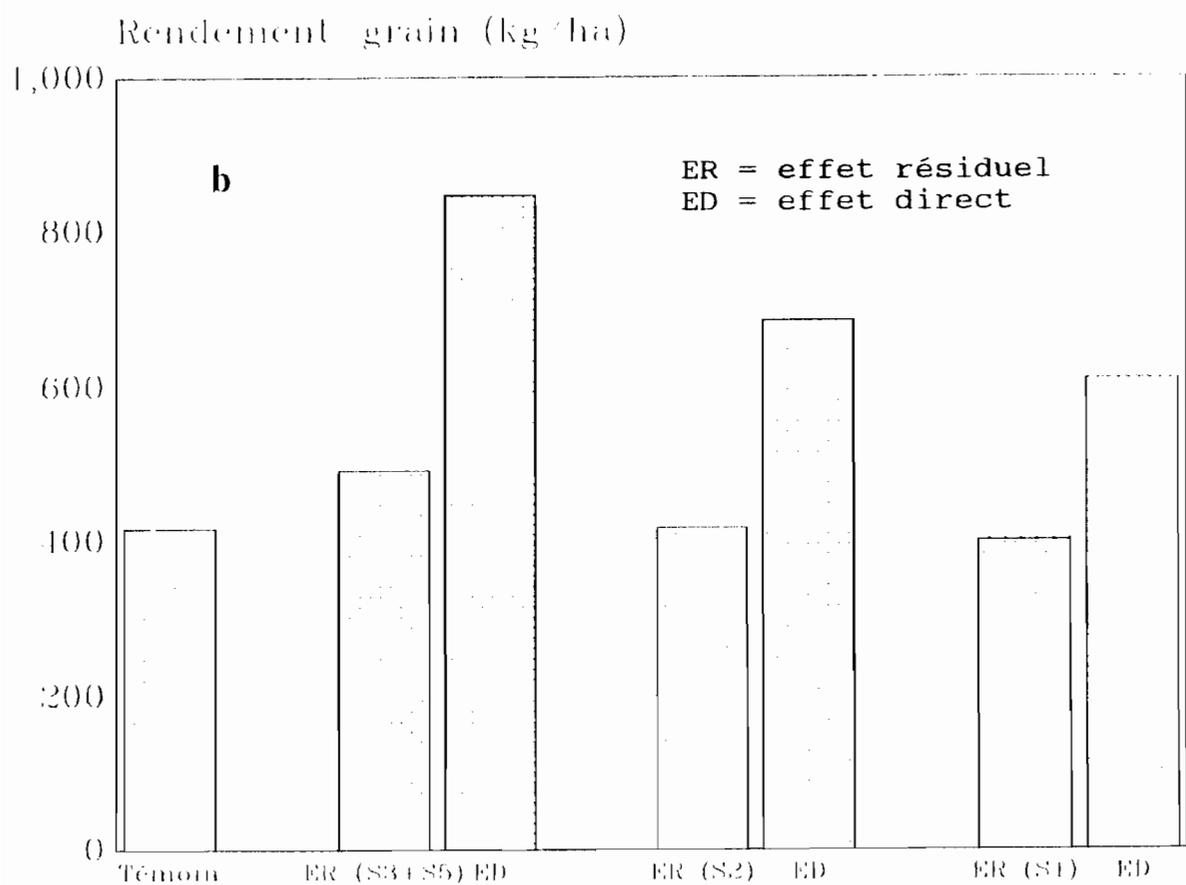
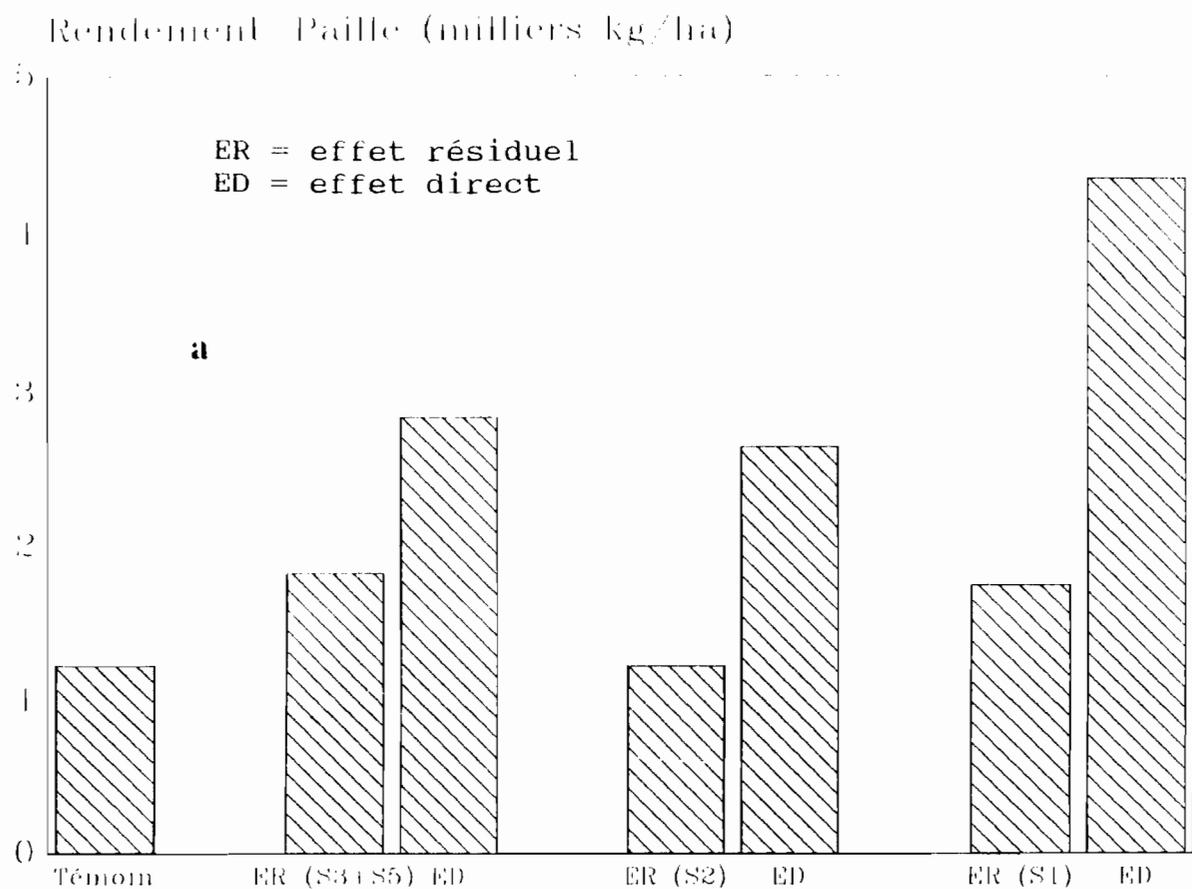


Figure 4. Effet des restitutions organiques sur la production de paille et de grain de sorgho en milieu paysan. Année 1990.

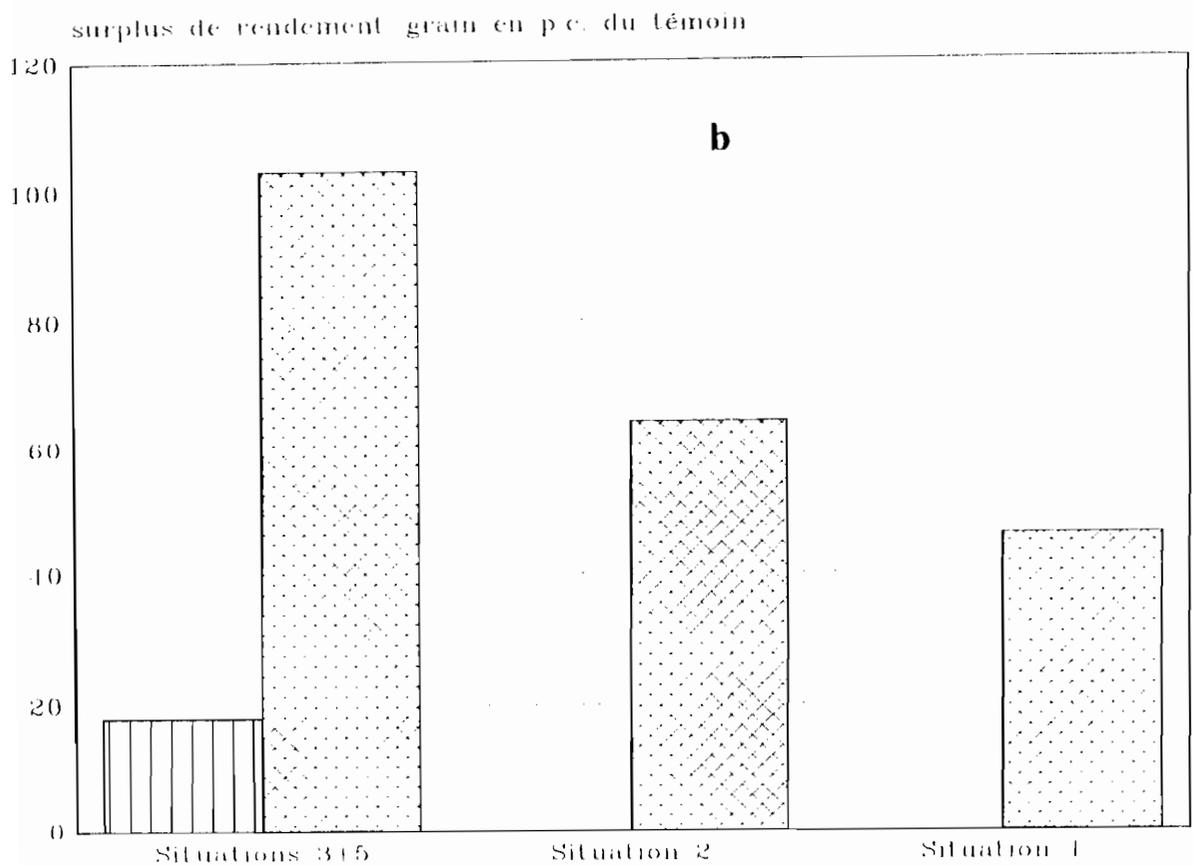
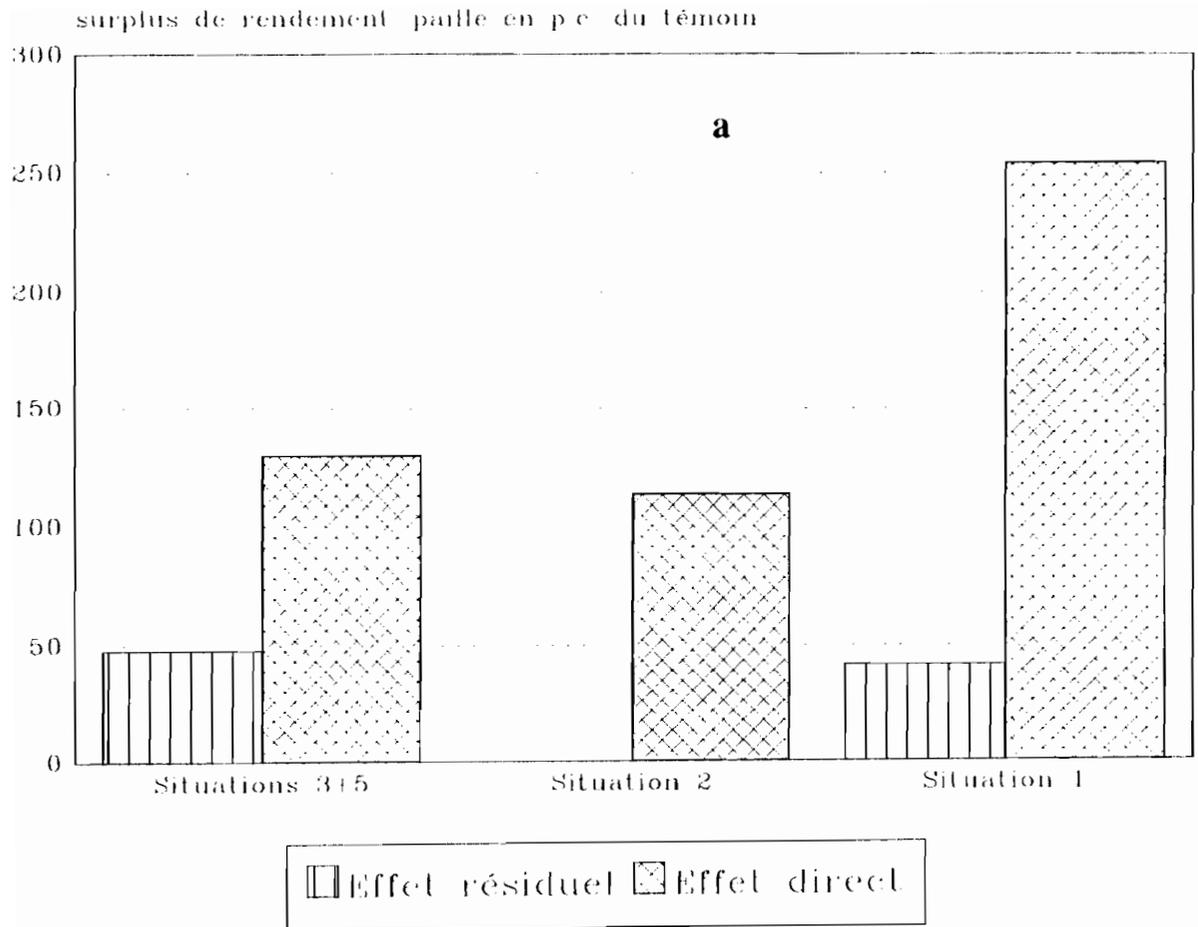


Figure 5. Surplus de rendement-paille et rendement-grain de sorgho dû aux restitutions organiques. Année 1990.

. Le "*nombre de grains/m²*" est la composante la plus liée au rendement grain (Figure 6). Le coefficient de corrélation est égal à 0.986 et est significatif au seuil $P = 0.01$. L'influence de cette composante sur le niveau du rendement est donc déterminant. Elle est bien liée au rendement-paille ($r = 0.704$) et traduit l'importance de la croissance végétative dans le processus d'élaboration du rendement.

. La composante "*poids moyen du grain*" est par contre relativement moins déterminante sur le rendement-grain. Le coefficient de corrélation est plus faible et est égal à 0.530 (Figure 7).

S'agissant de la relation entre les deux composantes, il est intéressant de noter sur la figure 8 les faits suivants :

- pour un nombre de grains/m² donné, le domaine de variation du poids du grain est large ;

- il existe toutefois un seuil de la composante "nombre de grains" au-delà duquel le poids moyen du grain décroche. Concernant l'échantillon étudié ce seuil se situe entre 3300 et 3500 grains/m². Cette relation peut s'interpréter en termes purement "mécaniques", comme une distribution d'une source disponible à travers "n" puits, ces derniers n'ayant pas un rôle actif (TRIBOI, 1990). Sur le plan agronomique, il peut s'agir d'une densité de plants à ne pas dépasser par l'action d'une bonne densité de semis suivi d'un démariage approprié.

L'effet des amendements organiques sur les composantes du rendement présente les mêmes aspects que ce qui a été observé pour les autres variables (Tableau 6) :

- Le niveau le plus élevé de la composante "*nombre de grains/m²*" est observé dans les sols non gravillonnaires avec restitutions organiques

« situations 3 et 5. En effet résiduel, seules ces situations présentent des

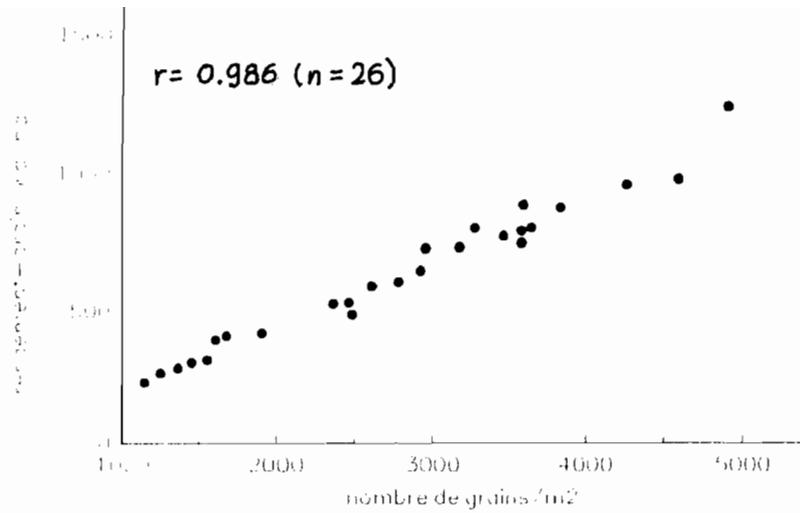


Figure 6. Relation entre le rendement-grain et la composante "nombre de grains/m²"

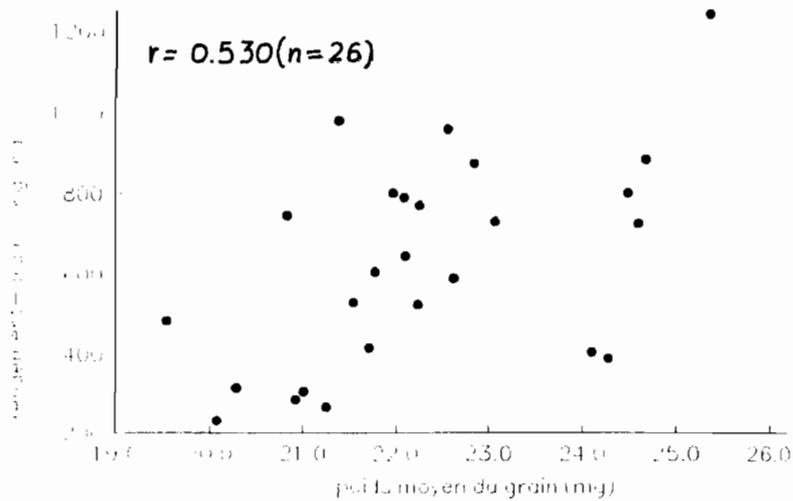


Figure 7. Relation entre le rendement-grain et la composante "poids moyen du grain"

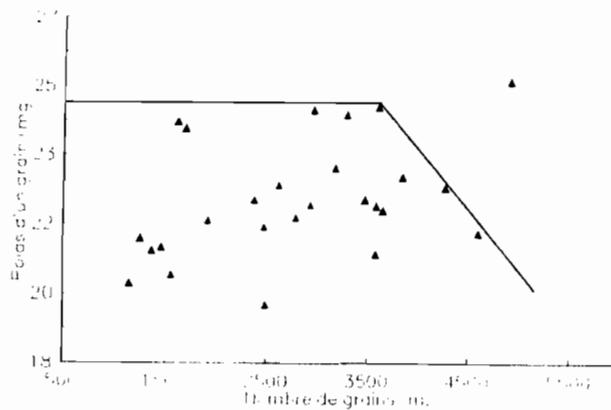


Figure 8. Relation entre le rendement-grain et la composante "poids moyen du grain"

Tableau 6. Effets d'apports de matière organique (compost) sur la production du sorgho. Année 1990. Villages de Nandiala et Vili. Résultats moyens par situation culturale.

	Témoin	Dose faible	Dose moyenne	Dose forte	Moyenne (n=26)
	Sit.4	Sit.3+5	Sit.2	Sit.1	
Biomasse aérienne (kg/ha)	1863 a	3813	2861	3879	3265
	b	2581 4342	1810 3562	2418 5340	
Paille (kg/ha)	1230 a	2665	2070	3063	2336
	b	1825 2832	1225 2633	1750 4350	
Grain (kg/ha)	416 a	760	576	503	627
	b	491 846	415 683	398 607	
Nombre de grains/m ²	1951 a	3428	2604	2118	2784
	b	2227 3770	1907 3069	1644 2592	
Poids moyen du grain(mg)	21.03 a	22.48	21.98	23.63	22.28
	b	21.79 23.17	21.63 22.22	24.18 23.09	

NB. Pour chaque variable, les valeurs placées sur la ligne "a" correspondent à la moyenne de la situation culturale et celles sur la ligne "b" correspondent respectivement à l'effet "résiduel" et à l'effet "direct" de la fumure organique.

valeurs plus élevées que le témoin absolu (Situation 4). Mais en présence de fumure organique, le témoin est inférieur à toutes les situations. L'effet négatif de la réduction du volume de sol sur le nombre de grains apparaît aussi bien en effet résiduel qu'en effet direct ;

- Le poids moyen du grain est accru en présence d'apport de matière organique.

En définitive, les surplus de grains dus aux restitutions organiques proviennent des effets favorables sur toutes les composantes du rendement.

1.3. Discussions-conclusion

Dans la zone soudano-sahélienne en général, la variabilité interannuelle de la pluviométrie (quantité totale et répartition) est considérable. Il en résulte, pour l'agriculture pluviale traditionnelle qui est pratiquée sur des sols souvent peu profonds, des fluctuations importantes des rendements des cultures pluviales. Par conséquent, une seule année de mesure s'avère insuffisante pour tirer une conclusion d'une grande portée.

Néanmoins le dispositif d'enquête mis en place permet de faire certaines observations :

- Les situations culturales caractérisées par une culture continue depuis de longues années sans restitutions organiques au sol assurent les niveaux de production végétale les plus bas. Des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs auteurs, en particulier grâce au suivi de l'évolution des rendements des cultures sur des expérimentations de longue durée installées dans les stations de recherche (PICHOT *et al.*, 1981 ; PIERI, 1989 ; HIEN, 1990 ; CATTAN et SCHILLING, 1990 ; SEDOGO, 1993). Ces bas niveaux de rendement sont expliqués par un appauvrissement chimique des sols, une

dégradation de la structure, une baisse de l'activité biologique des sols, l'apparition de maladies et de parasites, etc. ;

- Par contre, les restitutions organiques fréquentes au sol permettent de relever les rendements. Ces gains de rendement qui peuvent être très importants ne se manifestent qu'à chaque apport. Ce phénomène laisse entrevoir un "effet engrais" très important joué par les amendements organiques apportés par les paysans sur ces sols chimiquement pauvres. L'utilisation des engrais chimiques est en effet rare dans cette agriculture essentiellement vivrière et la matière organique, par le biais de l'activité biologique, constitue la principale réserve minérale pour les cultures. Concernant la fourniture d'azote par exemple, GANRY (1990) souligne au Sénégal que la nutrition azotée de la céréale, même en présence d'une fertilisation minérale, est tributaire de l'entretien organique du sol et que la paille compostée contribue au renouvellement et à l'augmentation du pool d'azote utilisable par les plantes.

Des effets plus spécifiques de la matière organique du sol sur les cultures ont été signalés. C'est le cas de CISSE (1986) qui montre sur un sol sableux dégradé du Sénégal que les apports de fumier entraînent une amélioration très nette des rendements du mil et de l'arachide. Cette amélioration résulte d'une meilleure alimentation hydrique et minérale due à un bon développement racinaire des plantes et à une augmentation de la capacité des racines à prélever les éléments minéraux ;

- Les effets positifs des amendements organiques sur la production de paille sont accrus en présence de doses fortes de matière organique même sur sol à faible capacité d'emmagasinement de l'eau. Cet important développement végétatif accroît nécessairement les besoins en eau de la plante et les risques de déficit hydrique. Tous ces faits permettent d'expliquer la baisse de rendement en grain constatée dans les situations 1 et 2 (sols

gravillonnaires) malgré l'important développement végétatif que les plantes aient connu.

Les effets positifs des apports organiques au sol sur les rendements peuvent aussi provenir des modifications favorables des propriétés physiques des sols (GODEFROY et JACQUIN, 1975 ; OUATTARA, 1991).

Il est important de préciser que l'effet de la fumure organique sur les rendements des cultures et le maintien de la fertilité des sols est fonction de plusieurs facteurs dont la nature du produit apporté au sol, sa composition biochimique, sa richesse chimique, son degré d'humification généralement caractérisé par le rapport C/N, la dose, les conditions pédoclimatiques de l'année, etc.

L'incorporation directe de la paille semble être la technique qui présente le plus d'inconvénients : insuffisance dans le maintien de la fertilité du sol (PICHOT et *al.*, 1981 ; PIERI, 1985), difficultés d'enfouissement au sol dans les exploitations agricoles paysannes qui ne disposent pas en général du matériel requis, effet dépressif sur les rendements souvent observé et généralement attribué soit à une immobilisation de l'azote minéral par les microorganismes (GIGOU et DUBERNARD, 1979 ; GIGOU, 1980 ; SEDOGO, 1981, 1993 ; GANRY et SARR, 1983 cité par GANRY, 1991) soit à l'action de composés phytotoxiques en particulier les acides-phénols (GANRY et *al.*, 1978 ; BURGOS-LEON et *al.*, 1980).

Ceci a conduit la recherche à étudier la restitution de résidus transformés (fumier ou compost) dont l'intérêt a été largement démontré dans les stations expérimentales (PIERI, 1989).

CONCLUSION

L'aspect le plus marquant de ces résultats nous semble être le caractère fugace des effets d'apport organique sur les rendements des cultures. Ceci pourrait résulter d'une part de la vitesse de minéralisation très élevée de la matière organique des sols (d'où la disparition rapide de la fraction la plus biodégradable), d'autre part de la pauvreté chimique générale de ces derniers. Ce qui confère à ces amendements organiques un rôle particulier dans la nutrition minérale des cultures. Compte tenu des quantités et de la qualité des produits apportés, les éléments minéraux libérés par l'activité biologique ne seraient pas en quantité suffisante et pour couvrir les besoins de la plante pour l'année d'apport et pour alimenter les réserves du sol pour les années suivantes.

2. EFFET DES RESTITUTIONS ORGANIQUES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS

Compte tenu du fait que l'impact des pratiques culturales en milieu paysan affecte plus particulièrement l'horizon de surface (SIBAND, 1974), toutes les données analytiques concernent cette tranche de sol.

2.1. Résultats par variable

■ Effet sur la granulométrie

Les résultats chiffrés détaillés sont en annexe 3. Comme il apparaît sur le tableau 7, dans les sols cultivés, la présence ou non de restitutions organiques dans les systèmes de culture ne semble pas affecter la teneur en éléments fins des horizons de surface des sols.

Par contre, par rapport à la jachère arbustive (argile + limon = 51.8 p.c.) et en dehors des parcelles situées sur le remblai alluvial (Tableau 4), les sols cultivés accusent une légère baisse des teneurs en éléments fins. Ce qui laisse supposer que la simple mise en culture entraîne un appauvrissement en éléments fins de la couche superficielle du sol.

■ Effet sur la matière organique des sols (carbone et azote)

Les teneurs en carbone et azote total en fonction des doses de fumure organique sont illustrées sur la figure 9.

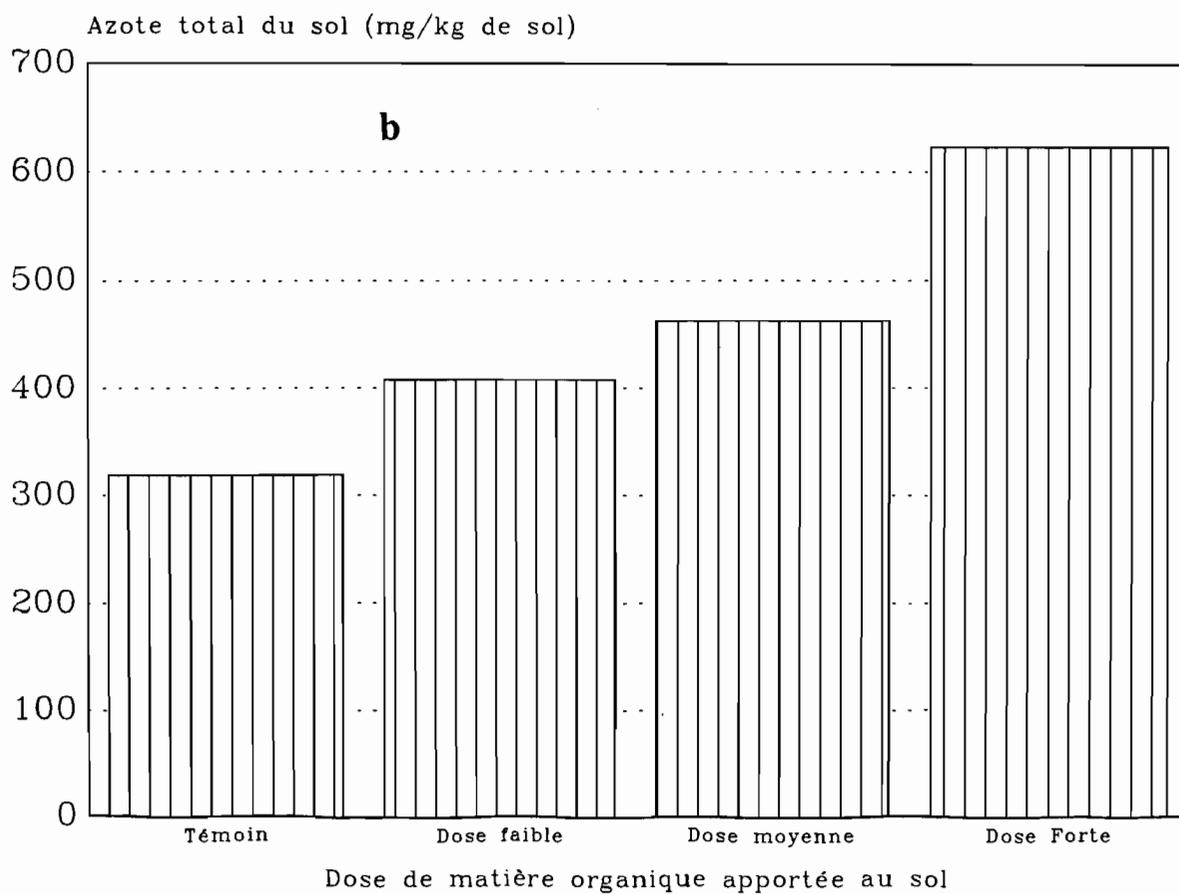
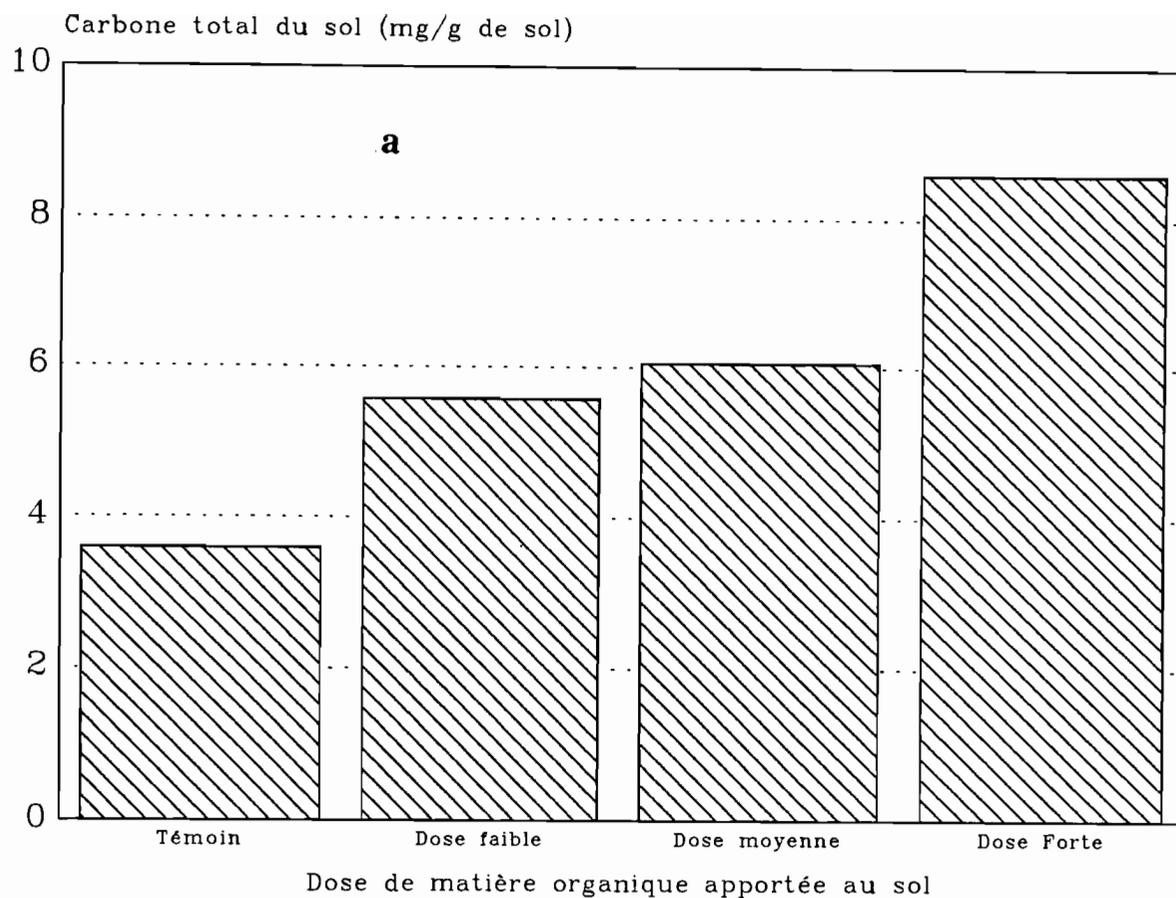


Figure 9. Effet de la fumure organique sur le carbone et l'azote total du sol. Horizon 0-20 cm.

- *Le carbone total*

. Dans l'ensemble les teneurs en carbone total présentent une grande variabilité. Le carbone total varie entre 2.63 et 10.50 mgC/g de sol avec une moyenne égale à 5.68. Le coefficient de variation est égal à 29 et le coefficient de corrélation avec le pourcentage d'argile + limon (0-50 μ) est faible et non significatif à $P = 0.05$ ($r = 0.35$).

. Dans la situation "*sans restitutions organiques*" (témoin) le taux de carbone est très bas : en moyenne 3.60 mg/g de sol. En présence de restitutions organiques, on constate un enrichissement du sol en carbone total proportionnel à la dose de fumure. Par rapport au témoin, les accroissements sont de 55, 68 et 139 p.c. respectivement pour les doses faible, moyenne et forte.

- *L'azote total*

Les teneurs oscillent entre 207 et 756 mg/kg de sol avec une moyenne égale à 435 mg/kg de sol et un coefficient de variation identique à celui du carbone (28 p.c.).

Les augmentations des teneurs en azote total sont comme pour le carbone en relation avec les doses de fumure appliquées mais à un degré moindre : 28, 45 et 95 p.c. respectivement pour les doses faible, moyenne et forte.

■ Effet sur le phosphore

L'accroissement du **phosphore total** du sol est dérisoire et statistiquement non significatif (au seuil $P = 0.05$) avec la dose faible de compost (13 p.c), il s'élève à 44 p.c. avec la dose moyenne et à 37 p.c. avec la dose forte (Figure 10).

Pour l'ensemble de l'échantillon, les teneurs en **phosphore**

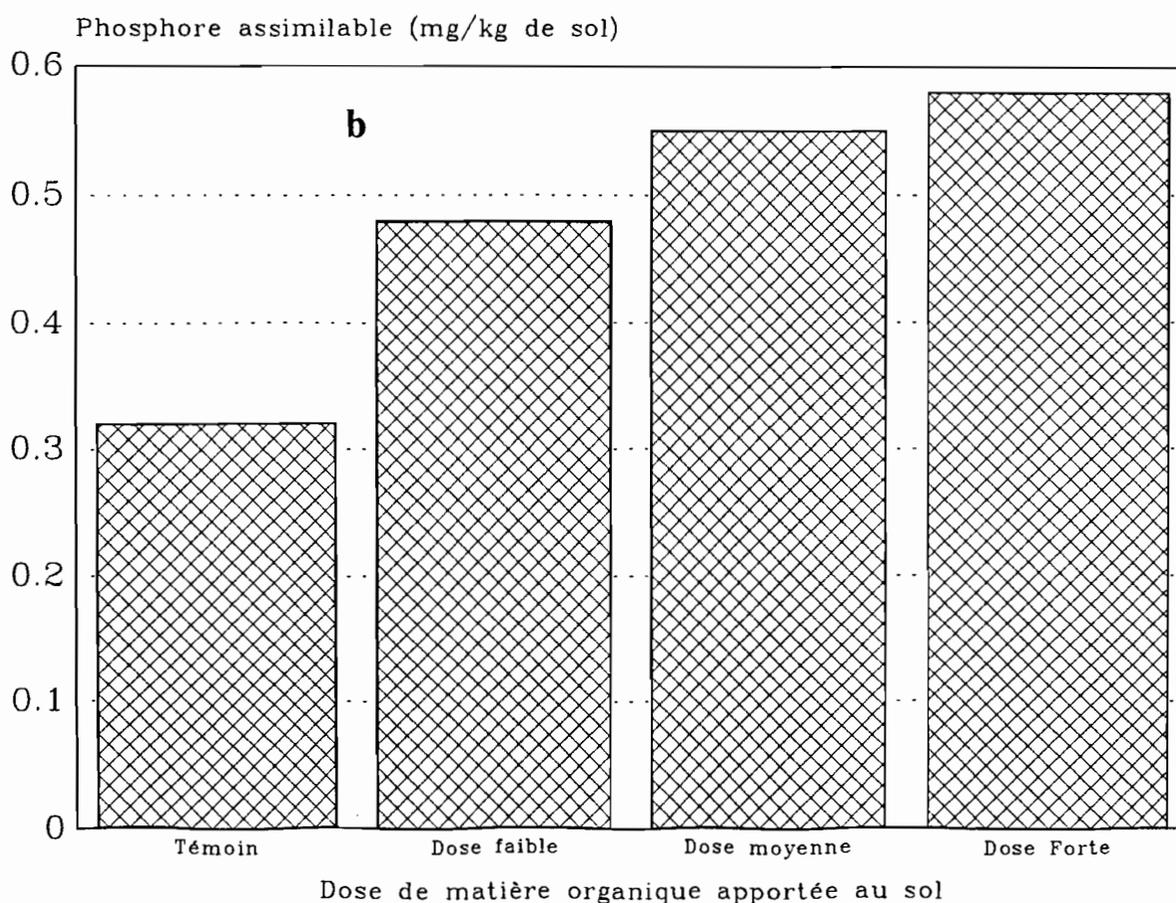
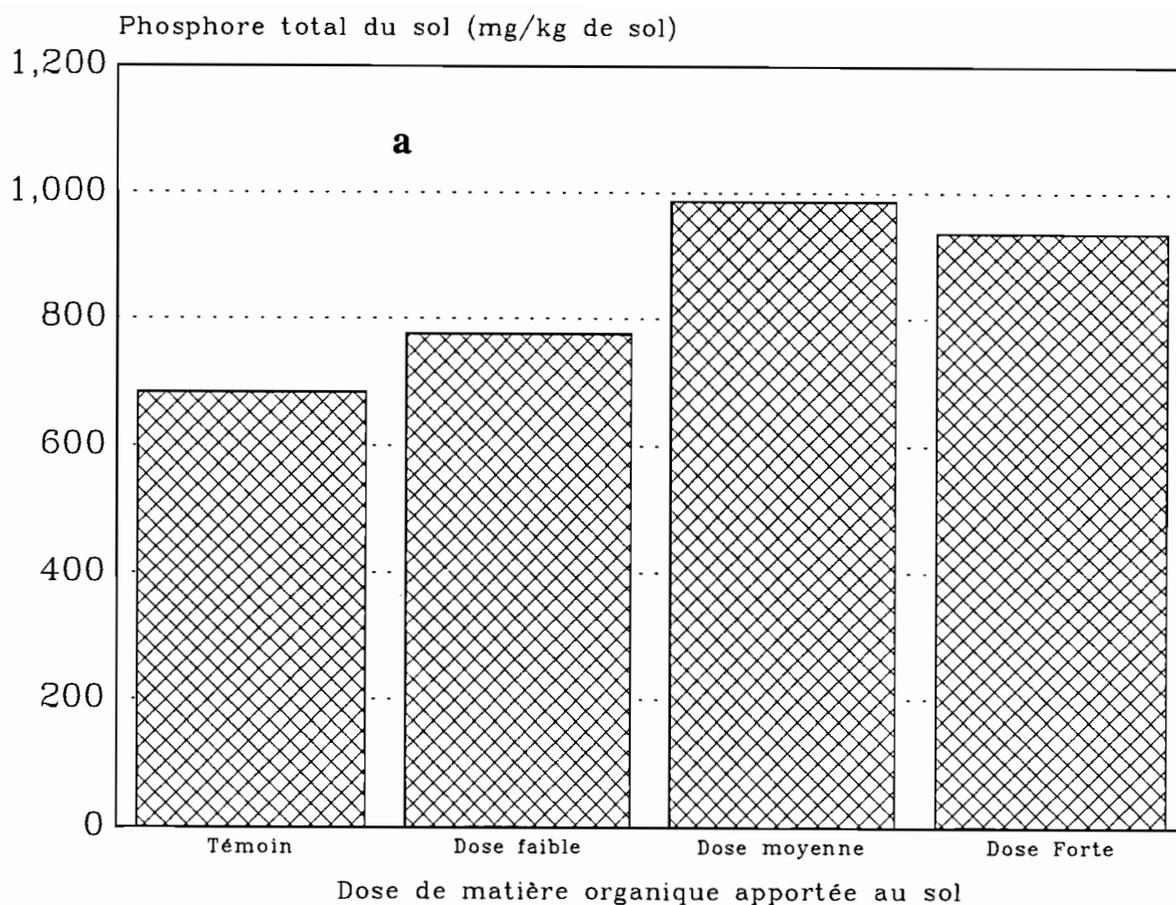


Figure 10. Effet de la fumure organique sur le phosphore total et le phosphore assimilable du sol. Horizon 0-20 cm.

assimilable obtenues par la méthode utilisée (BRAY n°2) sont très faibles (de 0.19 à 0.90 mg/kg de sol) et largement inférieures au seuil de carence fixé à **10 mg/kg de sol** pour ce type de sol (ROCHE et *al.*, 1980). Les amendements organiques permettent d'élever les teneurs qui sont accrues de 50, 72 et 81 p.c. respectivement pour les doses faible, moyenne et forte.

■ Effet sur la capacité d'échange cationique

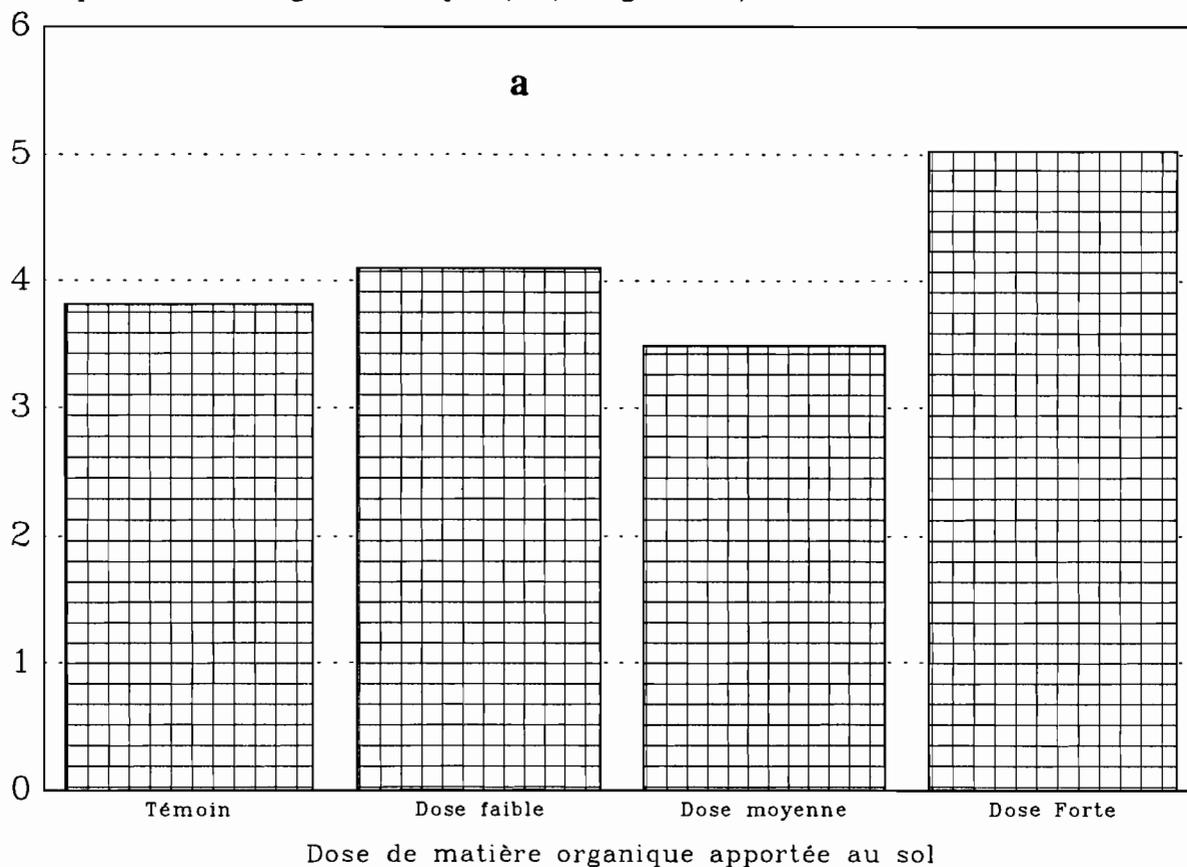
Les valeurs observées oscillent entre 2 et 7.10 mé/100 g de sol. Seule la dose forte autorise une augmentation significative de la capacité d'échange cationique (+32 p.c.), augmentation qui reste tout de même faible (Figure 11).

■ Effet sur les bases échangeables

Le calcium échangeable est compris entre 0.65 et 3.76 mé/100 g et représente entre 66 et 84 p.c. de la somme des bases (Ca, Mg et K). Les teneurs en magnésium échangeable s'échelonnent entre 0.08 et 0.68 mé/100 g de sol et représente entre 10 et 25 p.c. de la somme des bases. Le potassium échangeable constitue la fraction la plus faible de la somme des bases : entre 2.1 et 10.6 p.c. Les teneurs sont comprises entre 0.06 et 0.24 mé/100 g de sol.

Les besoins des plantes en calcium et magnésium sont relativement faibles. Les seuils de carence et de déficience sont difficiles à fixer. Concernant le magnésium, **0.10 - 0.17 mé/100 g** situe à peu près le seuil de carence et **0.25 - 0.35 mé/100 g** le seuil de déficience (BOYER, 1982). Dans ces conditions une parcelle présente une carence en magnésium et cinq, une déficience en cet élément.

Capacité d'échange cationique (mé/100g de sol)



Taux de saturation de la CEC (pour-cent)

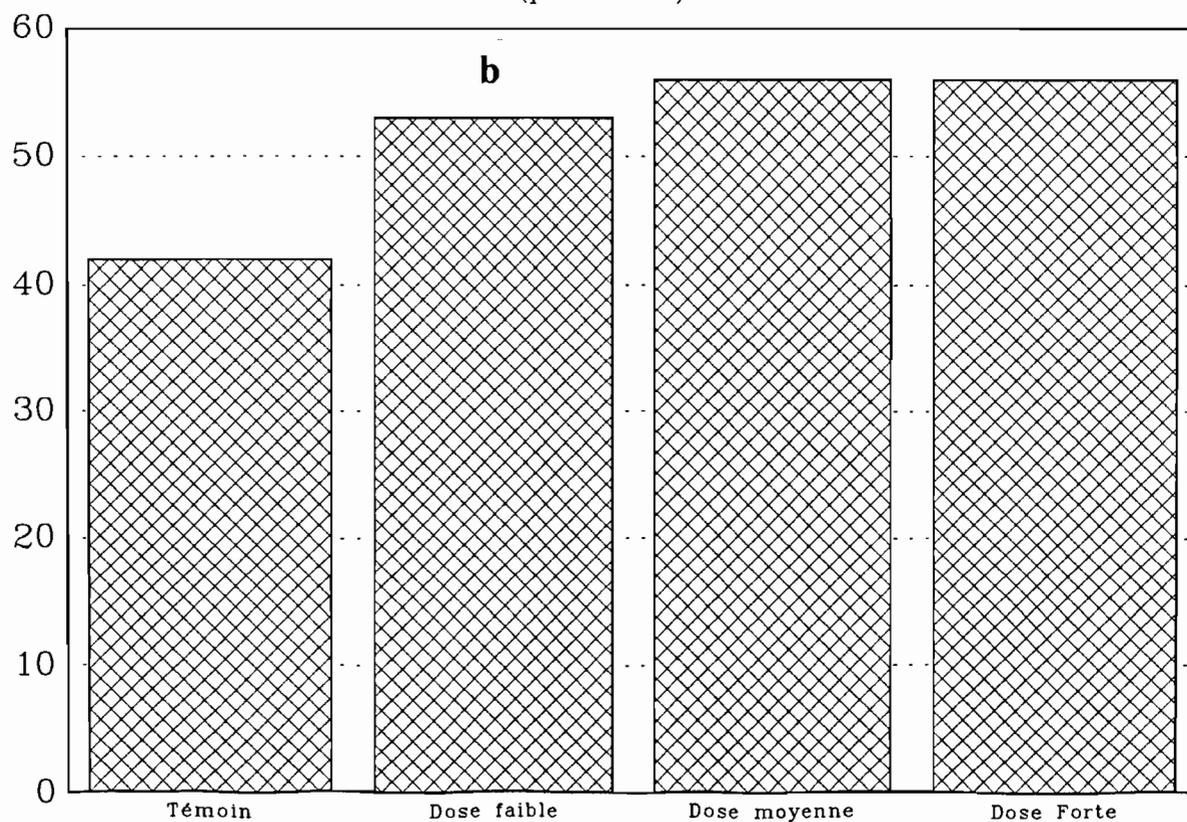


Figure 11. Effet de la fumure organique sur la capacité d'échange cationique et le taux de saturation du complexe absorbant. Horizon 0-20 cm.

Concernant le potassium échangeable il semble que des teneurs du sol inférieures à **0.10 mé/100 g** de sol engendrent, dans la plupart des cas, des déficits importants de récolte et souvent des maladies de carence. Huit parcelles présentent des teneurs en K échangeable inférieures à 0.10 mé/100 g.

On considère habituellement le niveau critique en potassium échangeable atteint lorsque K/CEC est inférieur à **10 p.c.** (PIERI, 1989). Tous les sols étudiés se trouvent dans cette situation.

Seule la dose forte entraîne des augmentations significatives des bases échangeables (Figure 12). En effet, le calcium est augmenté de 51 p.c., le magnésium de 66 p.c. et le potassium de 111 p.c., ce qui élève la somme des bases échangeables de 57 p.c. par rapport au témoin et une meilleure saturation du complexe absorbant.

■ Effet sur le pH

Dans l'ensemble, les valeurs de pH_{eau} observées ne sont pas très basses. Même au niveau des parcelles anciennes en culture continue depuis plus de trente ans et sans fumure organique, Il a même été observé des pH_{eau} atteignant 6.75 (annexe 4).

Les apports organiques entraînent de faibles élévations de pH. L'effet le plus important correspond à celui obtenu avec la fumure forte où le pH_{kcl} s'est accru de 1.31 unité pH par rapport au témoin (Figure 13).

■ Effet sur les équilibres chimiques

L'interprétation des équilibres chimiques est basée sur les normes définies par BOYER (1982) que l'on peut résumer comme suit :

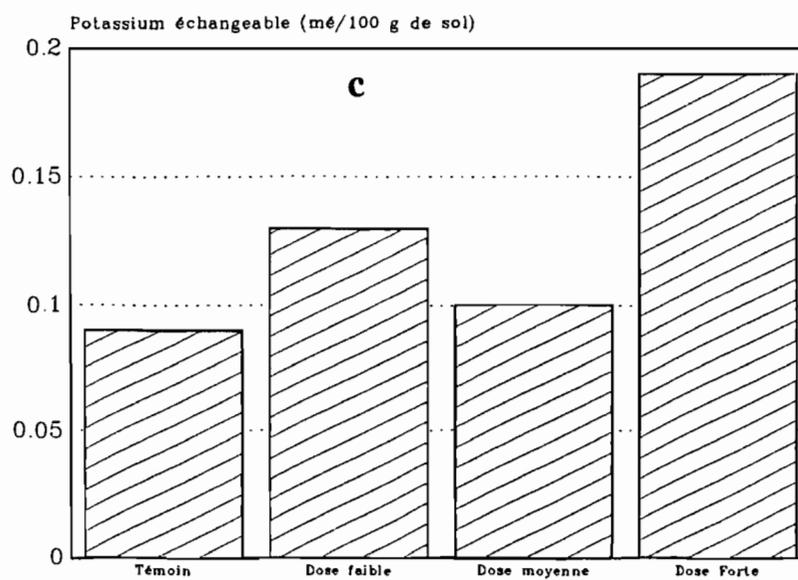
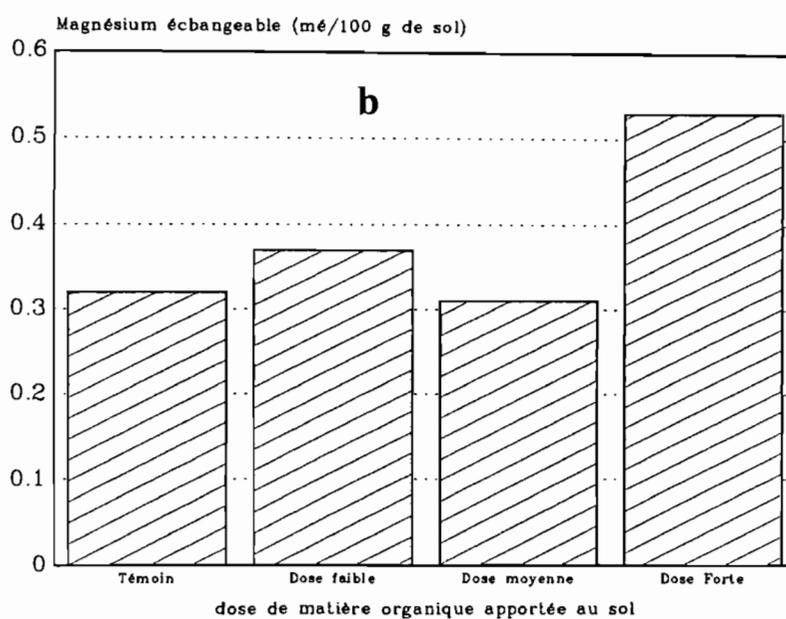
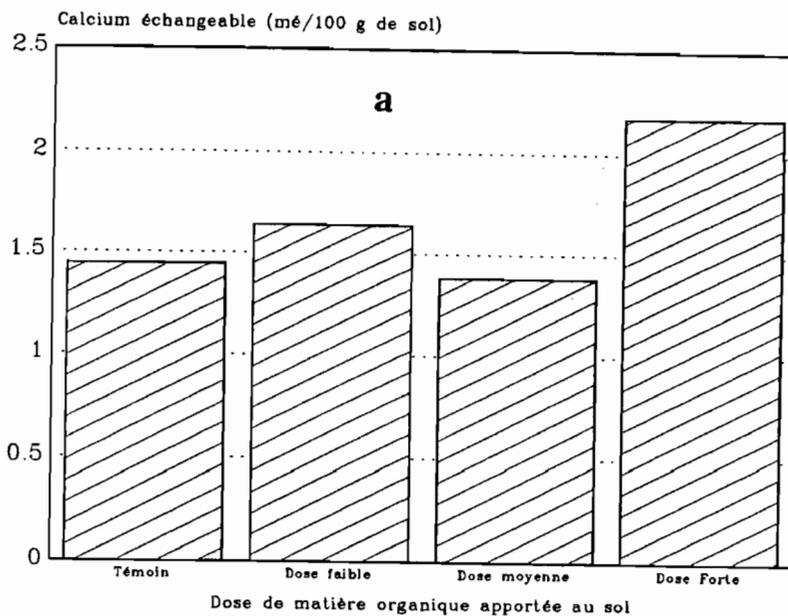


Figure 12. Effet de la fumure organique sur les cations échangeables du sol. Horizon 0-20 cm.

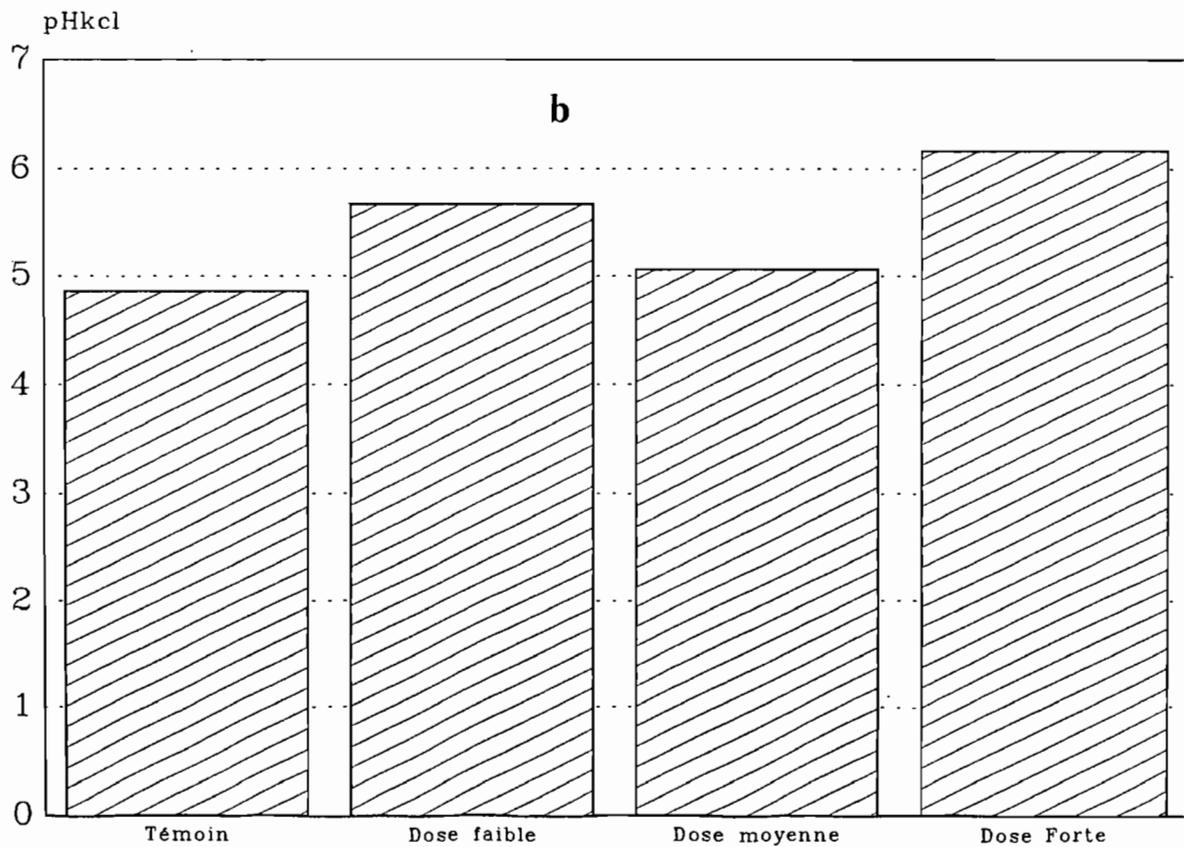
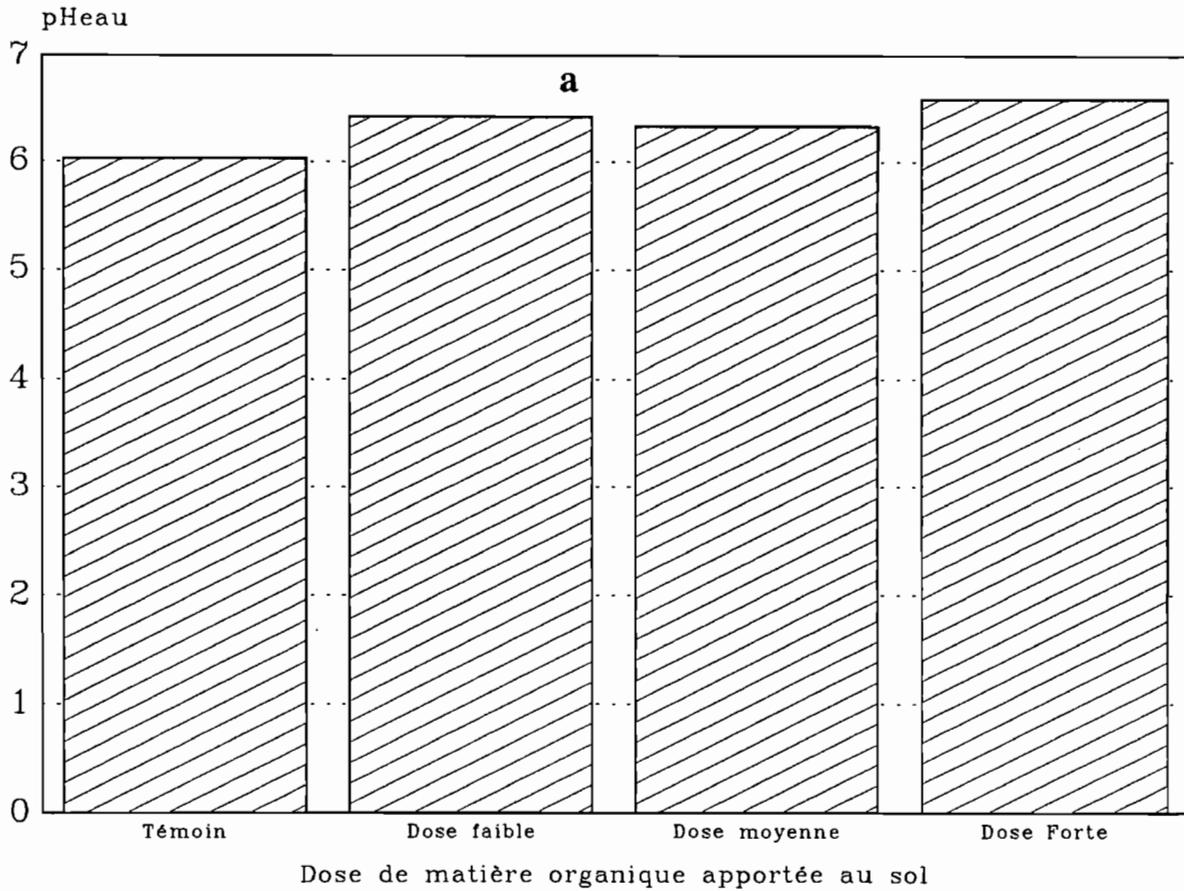


Figure 13. Effet de la fumure organique sur l'acidité du sol.
Horizon 0-20 cm.

- le rapport **Ca/Mg** peut varier entre **1** et une limite supérieure très élevée probablement de l'ordre de **40 à 50**.

- un rapport **Mg/K** de l'ordre de **3** ou légèrement supérieur à **3** est dans l'ensemble favorable à la plus grande partie des plantes cultivées.

- Le rapport **Ca/K** : un bon équilibre se situerait entre **6** et **12**.

- Le rapport **Ca + Mg/K** convient généralement s'il est compris entre **15** et **25 à 35**.

- Le rapport **N/P₂O₅** est considéré comme favorable s'il est compris entre **2** et **4**. Entre ces deux limites, ce rapport implique un bon équilibre entre l'alimentation phosphorique et l'alimentation nitrique mais il ne préjuge en rien du niveau de cette alimentation.

Si **N/P₂O₅ > 4**, le sol est fortement déficient en phosphore ; il est inutile de lui fournir des engrais azotés si le taux de phosphore n'a pas été préalablement relevé.

Si **N/P₂O₅ < 2**, le sol relativement bien pourvu en phosphore manque d'azote ; les engrais phosphatés sont inutiles, mais les engrais azotés "marqueront".

Les résultats des équilibres chimiques sont donnés dans le tableau 8.

Tous les échantillons présentent un bon équilibre **Ca/Mg**. Par contre 42 p.c. présentent un rapport **Ca/K** déséquilibré et un peu plus de la moitié (58 p.c.) un rapport **Mg/K** également déséquilibré. 50 p.c. des échantillons montrent un déséquilibre concernant le rapport **Ca+Mg/K**. Le rapport **N/P₂O₅** est inférieur à 4 pour l'ensemble des échantillons et indique que le sol est relativement bien pourvu en phosphore mais manque d'azote.

L'observation des résultats ne permet pas de conclure à un effet des restitutions organiques sur les équilibres chimiques. On peut par contre noter que dans l'ensemble ces sols cultivés manifestent des déséquilibres chimiques

Tableau 7. Effet des apports répétés de matière organique (compost) sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols. Résultats par situation culturale. Villages de Nandiala et Vili.

	Témoin	Dose faible	Dose moyenne	Dose Forte
	Sit. (4)	Sit. (3+5)	Sit. (2)	Sit. (1)
A+L (0-50 μ) (p.c.)	38.9	37.2	37.2	41.9
pHeau	6.03	6.42	6.33	6.59
pHkcl	4.86	5.67	5.06	6.17
C total	3.60	5.57	6.06	8.60
N total (mg/kg sol)	319	408	463	623
P total (mg/kg sol)	684	776	987	936
P assim. (mg/kg sol)	0.32	0.48	0.55	0.58
CEC (mé/100g sol)	3.81	4.10	3.49	5.03
Ca éch.	1.44	1.65	1.38	2.18
Mg éch.	0.32	0.37	0.31	0.53
K éch.	0.09	0.13	0.10	0.19
SBE(Ca, Mg, K) (mé/100g sol)	1.85	2.14	1.79	2.90
SBE/CEC (x 100)	42	53	56	56

Tableau 8. Effet des restitutions organiques sur les équilibres chimiques

SIT	PARC	NOM	N/P2O5	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
1	1	MOU	0.26	3.26	11.10	3.40	14.50
	2	AN	0.31	3.60	10.40	2.89 d	13.28 d
	3	SIN	0.29	2.90	6.20	2.14 d	8.36 d
	4	YEM	0.30	5.97	17.10 d	2.86 d	19.95
2	1	ETW	0.27	4.32	8.20	1.90 d	10.10 d
	2	ETS	0.20	4.38	11.40	2.60 d	14.00 d
	3	AL	0.23	4.89	13.30 d	2.71 d	16.00
	4	WS	0.17	4.00	21.50 d	5.38	26.88
	5	ETN	0.21	5.00	13.50 d	2.70 d	16.20
3	1	YN	0.30	3.87	10.80	2.79 d	13.58 d
	2	WE	0.24	5.32	10.10	1.89 d	11.94 d
	3	BAG	0.21	6.50	26.00 d	4.00	30.00
	4	RAW	0.24	4.23	13.10 d	3.10	16.20
	5	WW	0.21	5.48	9.05	1.65 d	10.70 d
	6	ER	0.21	4.22	9.70	2.30 d	12.00 d
	7	YV	0.24	3.50	12.80	3.67	16.50
	8	RS	0.20	3.73	6.90	1.85 d	18.65
	9	SOB	0.24	4.50	14.80 d	3.29	18.07
	10	IN	0.17	4.97	39.80 d	8.00	47.75
4	1	YS	0.18	4.88	10.20	2.08 d	12.25 d
	2	BOM	0.19	8.13	10.80	1.33 d	12.17 d
	3	RAE	0.27	4.63	18.50 d	4.00	22.50
	4	RN	0.20	2.78	6.40	2.31 d	8.75 d
	5	IS	0.20	3.79	13.80 d	3.63	17.38 d
5	1	GE	0.27	3.59	17.30 d	4.83	22.17
	2	PAW	0.26	2.74	9.30	3.38	12.63 d
	3	JV	-	-	-	-	-

NB : Les chiffres affectés de la lettre "d" signifient que le rapport est déséquilibré.

en particulier les rapports Ca/K, Mg/K et Ca+Mg/K.

2.2. Analyse statistique multivariée

■ Introduction

La méthode statistique multidimensionnelle utilisée est l'analyse en composantes principales (ACP) avec le logiciel CSTAT (Version 2) sur les données centrées-réduites. C'est une méthode descriptive qui permet de résumer un grand nombre de variables quantitatives par un nombre limité de nouvelles variables qui sont des combinaisons linéaires des premières et qui sont orthogonales entre elles.

Au total dix variables sont analysées. Elles comprennent des variables liées au sol qui sont d'ordre physico-chimique et des variables liées à la plante :

- Les "variables-sol"

Celles qui sont prises en compte sont au nombre de six. Elles sont introduites dans l'ACP comme *variables actives* ou *variables explicatives* :

1. AL = Teneur en argile + limon (0-50 μm) de l'horizon de surface (0-20 cm) en pour-cent ;
2. C = Carbone total du sol (en mg/g de sol) ;
3. N = Azote total (en mg/kg de sol) ;
4. PT = Phosphore total (en mg/kg de sol) ;
5. BE = Somme des bases échangeables (en mé/100 g de sol) ;
6. CEC = Capacité d'échange cationique (en mé/100 g de sol)

- Les "variables-plante"

Elles sont au nombre de quatre. Elles ont été introduites dans l'ACP comme *variables supplémentaires* ou *variables à expliquer* :

1. GR = Rendement en grain du sorgho cultivé en 1990 (en kg/ha) ;
2. PAIL = Rendement en paille (en kg/ha) ;
3. NGR = Nombre de grains par m² ;
4. P1G = Poids moyen du grain (en mg).

■ Résultats

Les résultats chiffrés détaillés de l'ACP sont consignés en annexe 8. Les figures 14 et 15 représentent respectivement le cercle des corrélations des variables et la projection des individus dans le plan principal (plan 1-2).

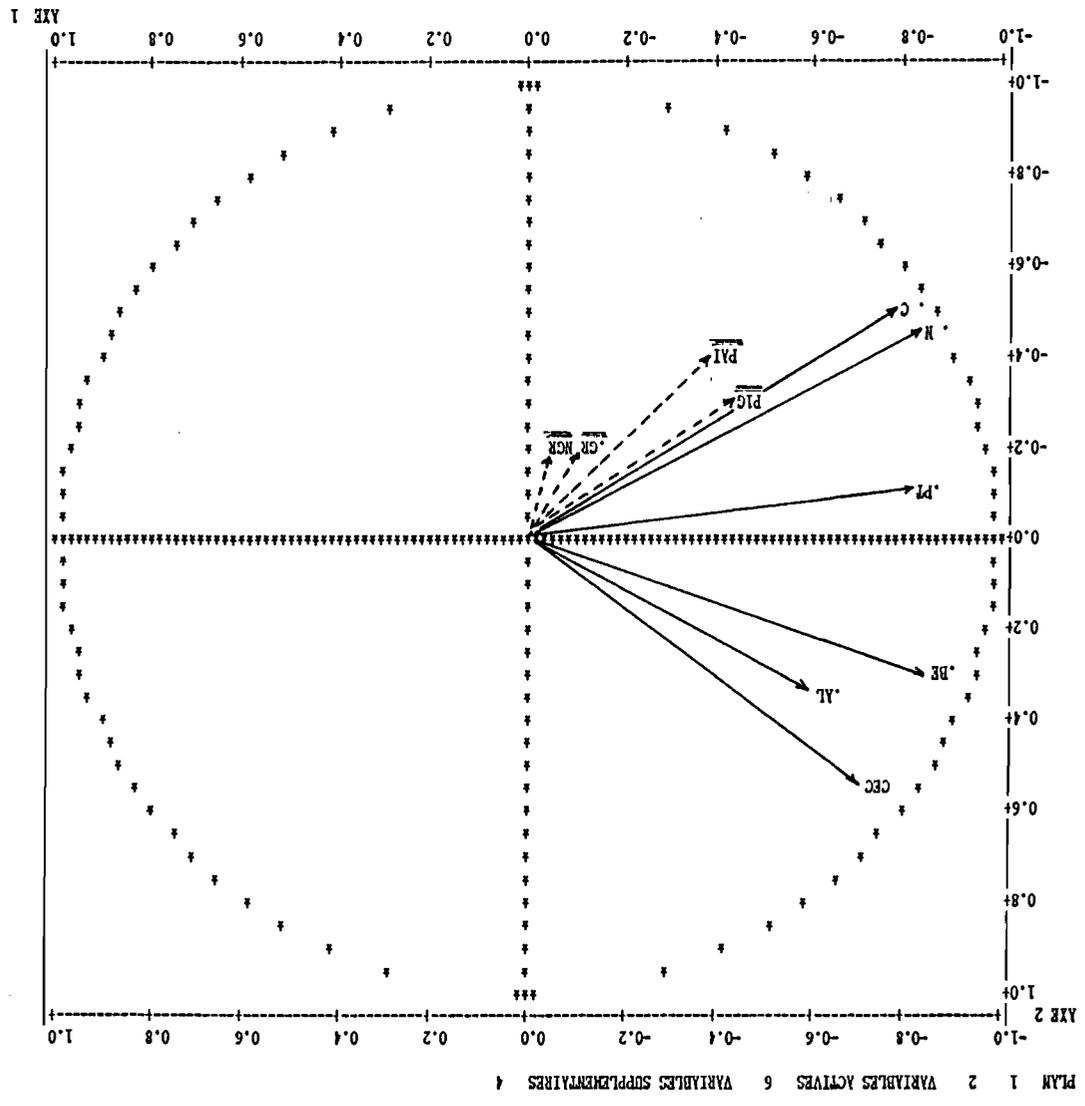
Les quatre premiers axes factoriels expliquent plus de 95 p.c. de la variabilité totale des différentes variables actives.

L'axe 1 explique à lui seul **60.6** p.c. de la variation totale de la matrice de dispersion des individus et l'axe 2 seulement **16.84** p.c. Le plan principal 1-2 prend donc en compte **80,44** p.c. de la variation totale (Annexe 8b).

A l'exception de la teneur du sol en argile + limon, plus de 50 p.c. de la variation totale de l'ensemble des variables actives sont expliqués par l'axe 1 : les coefficients de corrélation entre ces variables actives et l'axe 1 dépasse 0.50. Les pourcentages de la variabilité des variables expliqués par le facteur 1 sont par ordre décroissant :

- 76.19 p.c. pour la somme des bases échangeables,
- 74.78 p.c. pour l'azote total,
- 71.46 p.c. pour le phosphore total,

Figure 14. Cercle des corrélations entre variables dans le plan principal (Plan 1-2).



PLAN 1 2 INDIVIDUS ACTIFS 26
 IDENTIFICATEUR : N° D'ORDRE

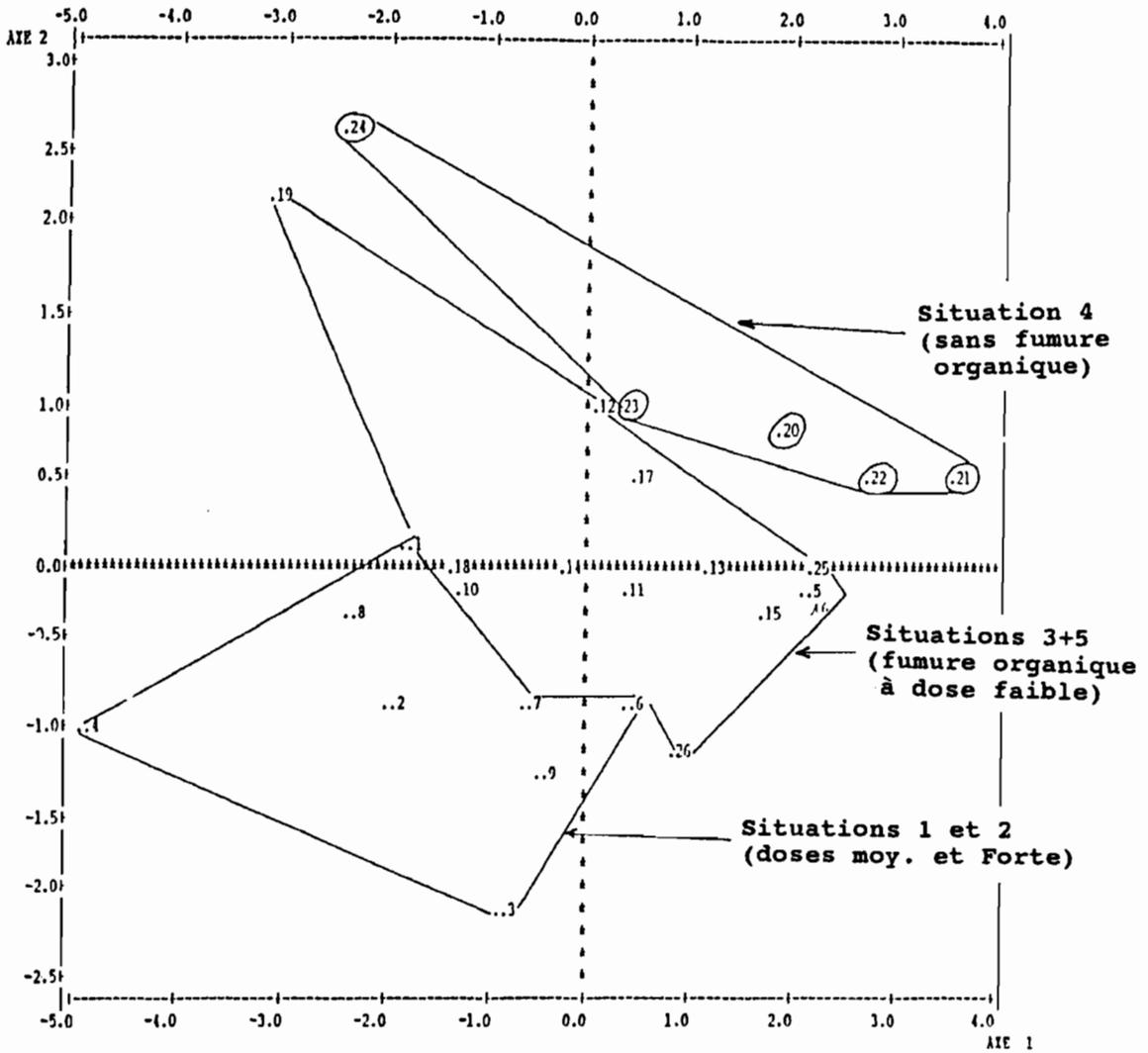


Figure 15. Projection des individus dans le plan principal (Plan 1-2).

- 64.56 p.c. pour le carbone total,
- 54.35 p.c. pour la capacité d'échange cationique,
- 40.24 p.c. pour le pourcentage d'argile + limon.

L'axe 1 qui peut donc être considéré comme l'axe de la fertilité explique pourtant faiblement la variabilité du rendement-grain (2.10 pour-cent) et celle de la composante nombre de grains par mètre-carré (0.54 pour-cent). Par contre les variables rendement-paille et poids moyen du grain sont mieux expliquées par l'axe 1 : respectivement 17.76 et 21.87 p.c.

Cette tendance est d'ailleurs conservée en considérant non pas le premier axe factoriel mais les quatre premiers axes. Les pourcentages de la variabilité expliquée sont par ordre décroissant :

- 53.0 p.c. pour le rendement-paille,
- 39.3 p.c. pour la composante poids moyen du grain,
- 13.6 p.c. pour le rendement-grain,
- 11.3 p.c. pour la composante nombre de grain/m².

L'examen du cercle des corrélations dans le plan principal 1-2 (figure 14) permet de dégager les relations entre les différentes variables.

Certaines relations sont étroites. C'est le cas entre le carbone total et l'azote total (Figure 16) . Le coefficient de corrélation est égal à 0.91 (Tableau 9 ; r est significatif au seuil P = 0.01). Carbone(C) et azote (N) sont liés par la relation suivante : $N = 67.63 C + 50.16$; c'est le cas aussi entre la capacité d'échange cationique et la somme des cations échangeables (r = 0.84). Des relations moins étroites mais statistiquement significatives (P = 0.05) entre le carbone et d'autres paramètres chimiques du sol (phosphore total, somme des bases échangeables, pH_{eau}) sont représentées sur la figure 16.

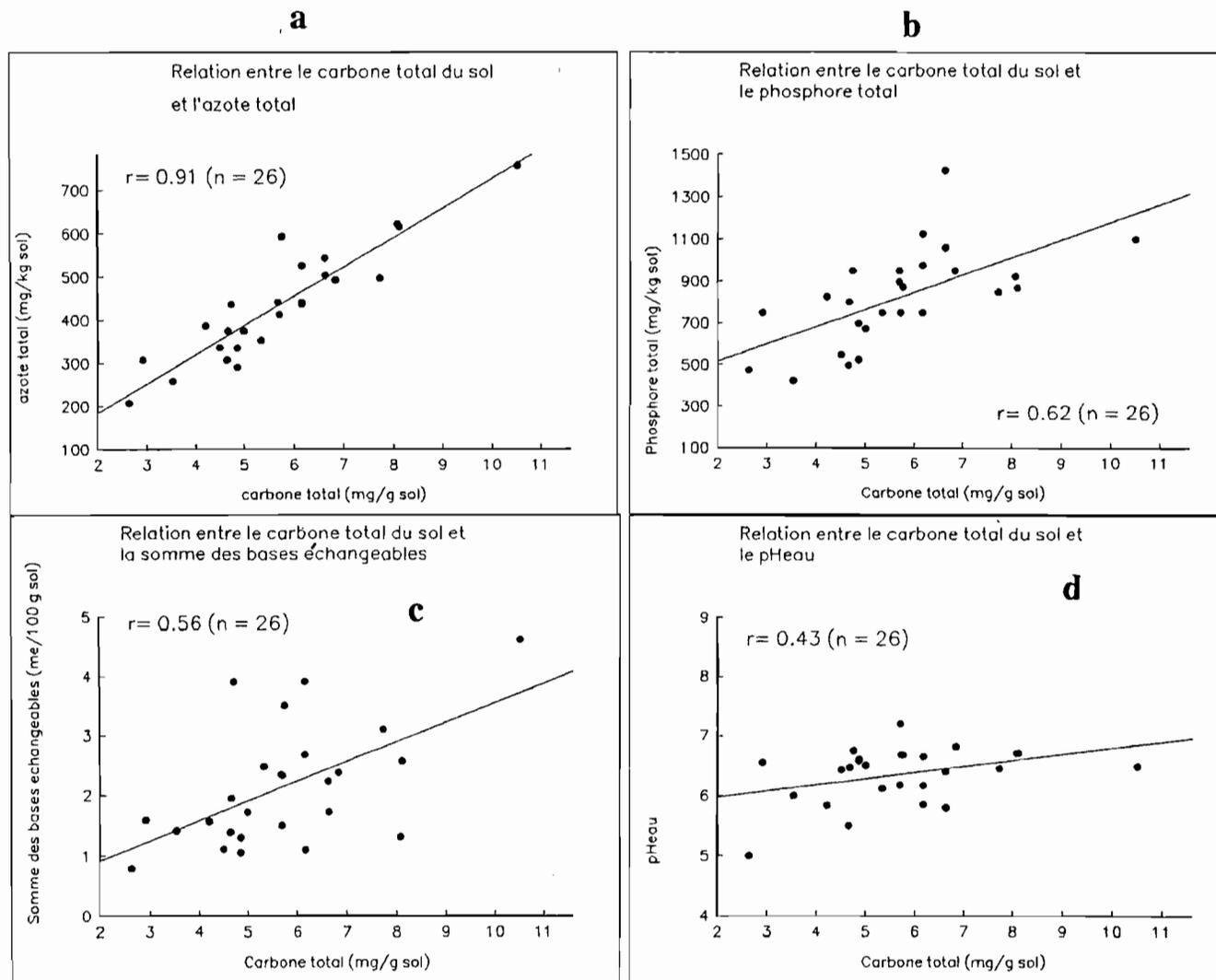


Figure 16. Relation entre certaines caractéristiques chimiques du sol et le carbone total du sol. Horizon 0-20 cm.

Tableau 9. Matrice de corrélations entre les variables étudiées (sol et plante)

	A+L	Carbone	Azote	Pt	SBE	CEC	GRAIN	PAILLE	NGR	P1G
A+L	1									
Carbone	0.351	1								
Azote	0.347	0.912	1							
Pt	0.505	0.623	0.739	1						
SBE	0.536	0.562	0.636	0.588	1					
CEC	0.421	0.317	0.410	0.552	0.840	1				
GRAIN	-0.025	0.187	0.270	0.037	0.275	-0.116	1			
PAILLE	0.093	0.592	0.604	0.198	0.419	0.025	0.727	1		
NGR	-0.013	0.130	0.191	-0.022	0.200	-0.184	0.986	0.704	1	
P1G	0.048	0.519	0.574	0.316	0.482	0.207	0.530	0.474	0.397	1

En tenant compte du cercle des corrélations du plan principal de la Figure 14 et du nuage des individus de la figure 15, Il apparaît que c'est la teneur du sol en matière organique (carbone et azote total) qui permet de mieux discerner les différentes situations culturales. Ainsi les individus de la situation 4 (témoin sans restitutions organiques) se trouvent à la queue et ceux des situations 1 et 2 recevant les doses forte et moyenne sont en tête.

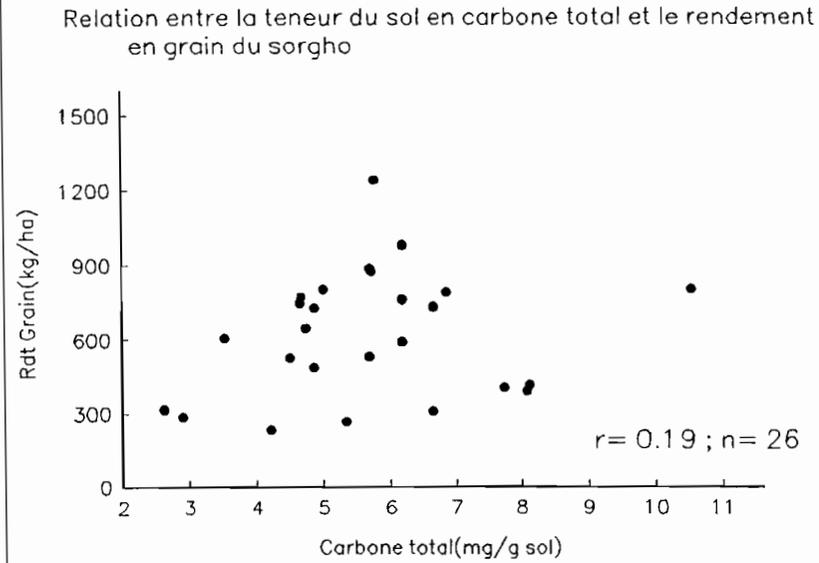
Par ailleurs la position des "variables-plante" sur le cercle des corrélations indique que **les teneurs en carbone et azote totaux sont parmi les variables du sol celles qui expliquent le plus la variabilité des paramètres de la plante, en particulier le rendement-paille et la composante "poids moyen du grain"**. La figure 17 permet d'illustrer sur des graphiques à deux dimensions ces relations. Les coefficients de corrélation entre carbone total et rendement-paille ($r = 0.59$) d'une part, entre carbone total et la composante "poids moyen du grain" ($r = 0.52$) d'autre part sont relativement importants (significatifs au seuil $P = 0.05$) que celui entre le carbone total et le rendement-grain ($r = 0.19$, non significatif au seuil $P = 0.05$) cependant une tendance se dessine : des niveaux de rendement bas peuvent être observés dans toutes les situations ; toutefois, la richesse du sol en carbone semble déterminer le rendement maximum. Autrement dit, **des teneurs en carbone du sol de plus en plus élevés permettront d'espérer des niveaux de rendement de plus en plus importants.**

2.3. Discussions-conclusion

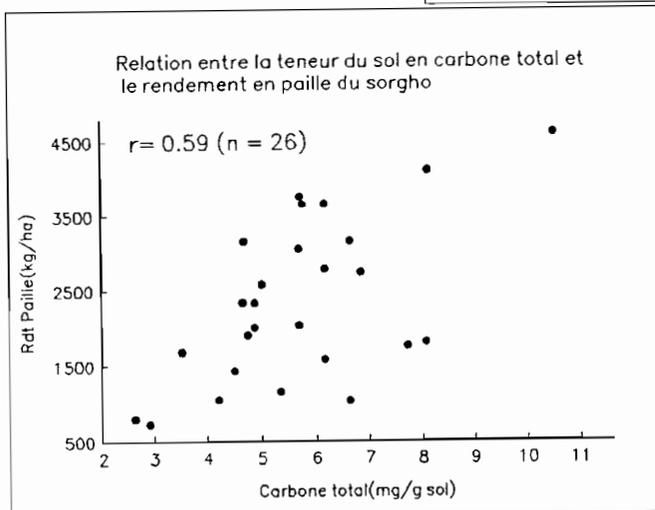
Ces différents résultats mettent en évidence l'importance des restitutions organiques dans le maintien et/ou l'amélioration des caractères chimiques des sols et le rendement des cultures.

S'agissant des restitutions organiques au sol par le biais des jachères

a



b



c

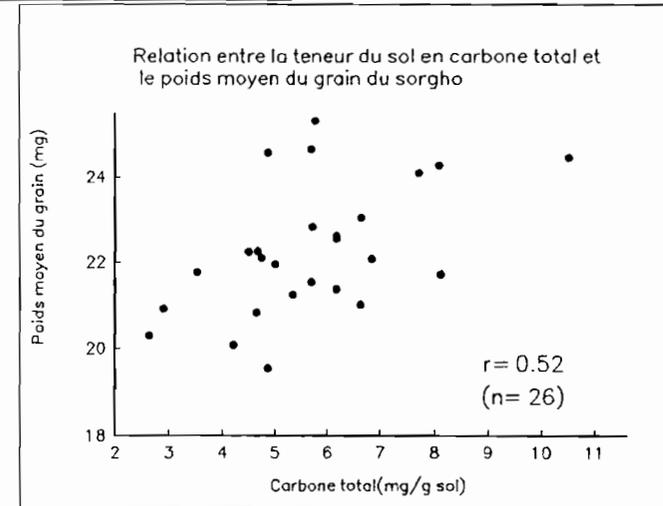


Figure 17. Relation entre la production du sorgho (grain, paille, Poids moyen du grain) et la teneur du sol en carbone total. Horizon 0-20 cm.

de longue durée, plusieurs auteurs ont montré l'efficacité de cette pratique dans la restauration de la fertilité des sols épuisés par plusieurs années de cultures successives (CHARREAU et NICOU, 1971 ; PIERI, 1989 ; VALENTIN, 1989 ; HIEN, 1990 ; CESAR et COULIBALY, 1991 ; CATTAN et SCHILLING, 1991 ; FELLER et *al.*, 1991). Ce système dans lequel les cultures alternent avec les jachères de longue durée est le fait de l'agriculture traditionnelle des régions tropicales. Il est dans la plupart des cas bien intégré à l'environnement écologique, économique et sociologique et est le fait de zones à faible densité de population.

Dans le Plateau Central d'une manière générale, la densité de la population est telle que ce système est malheureusement en voie de disparition : les jachères deviennent de plus en plus rares dans les paysages agraires, leur durée de plus en plus courte. On assiste ainsi le plus souvent à une culture continue de type minier conduisant à des niveaux de rendement très bas. Il s'avère par conséquent plus réaliste de proposer des solutions techniques en rapport avec le contexte de saturation de l'espace rural.

A l'heure actuelle un accent est mis au niveau national sur la diffusion des techniques de compostage et de fabrication de fumier. La faible intégration de l'élevage à l'agriculture dans le Plateau Central rend le fumier peu disponible et en matière de fumure organique les efforts de vulgarisation sont surtout orientés vers l'utilisation des composts à base de résidus de récolte.

Les apports répétés de ces produits au sol par les paysans ont plus ou moins modifié favorablement les caractères chimiques des horizons de surface des sols. Ce qui confirme les résultats antérieurs acquis essentiellement dans les stations expérimentales concernant d'une manière générale l'incorporation au sol de matériaux organiques plus ou moins

humifiés (SEDOGO, 1981, 1993 ; CISSE, 1986 ; PIERI, 1989 ; GANRY, 1990, 1991 ; HIEN, 1990).

L'importance des modifications des caractères des sols est fonction des doses apportées. Avec la dose faible, les effets sont en général dérisoires sauf au niveau du carbone total où les apports organiques ont entraîné un accroissement de 54.7 p.c. par rapport aux sols ne recevant jamais de fumure organique. C'est surtout en apportant des quantités trois fois supérieures à celles pratiquées par la plupart des paysans que l'on obtient les modifications les plus sensibles.

Les accroissements des réserves en phosphore du sol sont faibles avec la dose faible (13 p.c). Ils atteignent 44 p.c. avec la dose moyenne et 37 p.c. avec la dose forte. Les augmentations du phosphore assimilable sont plus importantes : 50 p.c., 72 p.c. et 81 p.c. respectivement pour les doses faible, moyenne et forte. Malgré ces augmentations, les teneurs sont largement en-dessous du seuil de carence. Cette carence en phosphore constitue un facteur limitant majeur de l'intensification de l'agriculture dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest et justifie ainsi les nombreux travaux de recherche poursuivis sur les possibilités d'emploi des phosphates naturels locaux (TRUONG et *al.*, 1978, 1982 ; TRUONG, 1984 ; TRUONG et FAYARD, 1987 ; SAMAKE, 1987 ; HIEN et *al.*, 1991 ; LOMPO, 1993).

L'acidification des sols cultivés, avec comme conséquence la toxicité aluminique, est une des grosses difficultés de la mise en valeur des sols de la zone intertropicale. Dès que le pH_{eau} est égal ou mieux, supérieur à 5.5 il n'y a pratiquement plus à redouter de toxicité aluminique, même pour les plantes qui y sont très sensibles, et ceci dans presque tous les types de sol (BOYER, 1982). Il semble cependant que la meilleure base pour décrire les risques de phytotoxicité et proposer des remèdes soit de considérer plutôt le taux de

saturation de la capacité d'échange cationique en aluminium échangeable (PIERI, 1974, 1976 a,b).

Malgré le nombre élevé d'années de culture de ces parcelles sous modes de gestion paysanne, elles ne montrent pas des valeurs de pH très basses contrairement à ce qui est souvent signalé dans les stations expérimentales. Cette observation qui avait déjà été faite par DIOUF (1990) au Sénégal pourrait s'expliquer par la faible utilisation des engrais minéraux, facteur important dans l'accélération du processus d'acidification des sols.

De faibles augmentations de pH en rapport avec les restitutions organiques sont observées. Cet effet résulterait des teneurs en calcium et magnésium plus élevées induites par les amendements organiques.

Il n'y a aucun effet statistiquement significatif des faibles apports de matières organiques sur la capacité d'échange cationique, la somme des bases échangeables et le taux de saturation. Par contre les fortes doses ont entraîné des augmentations significatives de ces paramètres.

L'analyse statistique multivariée confirme que les restitutions organiques dirigent la fertilité globale du sol mais surtout son statut organique. L'enrichissement du sol en carbone total et en azote total est proportionnel aux doses d'amendements organiques.

Les augmentations de rendement qui en résultent peuvent s'expliquer par le redressement de la fertilité chimique du sol mais aussi par les effets positifs sur les propriétés physiques et biologiques du sol. Certains travaux montrent d'ailleurs une action directe de la matière organique du sol sur le développement de la plante (CISSE, 1986).

Il faut ajouter qu'une grande partie de la variabilité des paramètres de la plante n'est pas expliquée par les caractéristiques chimiques du sol prises

en compte dans l'analyse multivariée. D'où la complexité et la multiplicité des paramètres intervenant dans l'élaboration du rendement. Ces paramètres ainsi que leur impact réel ne peuvent être mis en évidence que grâce à la mise au point de modèles d'élaboration du rendement.

La complexité des phénomènes intervenant dans l'élaboration du rendement et la difficulté à établir des relations étroites entre rendement des cultures et richesse du sol en matière organique ont amené certains auteurs (PIERI, 1989) à préconiser l'identification pour un type de sol donné plutôt les teneurs en matière organique compatibles avec le maintien de l'architecture des sols, une activité biologique satisfaisante (PIERI, 1991) ou une bonne réponse aux engrais, etc. Par exemple des observations ont montré qu'en dessous d'un certain niveau de matière organique (0.6 p.c. en sols limono-sableux) les réponses aux engrais deviennent très limitées voire nulles.

CONCLUSION

On peut retenir que les composts fabriqués par les paysans et apportés fréquemment au sol n'améliorent de façon sensible les caractères chimiques des sols que lorsque les doses employées actuellement sont multipliées par trois. Même dans ces conditions, le problème de certaines carences chimiques demeureront non résolu. Il s'agit des carences phosphoriques et potassiques dont la solution semble résider dans l'utilisation des phosphates naturels et des engrais chimiques.

Les relations souvent étroites entre la plupart des caractères chimiques du sol et sa teneur en matière organique (carbone total) permettent de retenir cette dernière comme un bon critère de fertilité des sols.

Le rendement est une donnée trop complexe que l'on ne peut appréhender que grâce à la mise au point de modèles d'élaboration de rendement.

**chapitre VI : EFFETS DES SYSTEMES DE CULTURE
PAYSANS SUR LE STATUT ORGANIQUE ET LES
CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES SOLS**

Introduction

Le problème abordé dans ce chapitre comprend principalement deux aspects :

- le premier aspect concerne l'étude de la matière organique par fractionnement granulométrique aboutissant à l'isolement de trois compartiments dont on tente de suivre le comportement d'une part en fonction de l'âge de mise en culture et d'autre part en fonction des apports de doses croissantes d'amendements organiques ;

- le second aspect est relatif à l'étude de l'influence de l'âge de mise en culture et des apports de faibles doses d'amendements organiques (doses utilisées par les paysans) sur le niveau de la biomasse microbienne et le pouvoir minéralisateur de quelques échantillons de sols cultivés.

1. EFFET DES SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS SUR LE STATUT ORGANIQUE DES SOLS : CARACTERISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE PAR FRACTIONNEMENT GRANULOMETRIQUE

1.1. Introduction

La méthode de fractionnement de la matière organique basée sur la densité des débris végétaux et proposée par HENIN et TURC (1950) puis modifiée par d'autres chercheurs comme MONNIER et *al.* (1962), DUCHAUFOUR et JACQUIN (1966), DABIN (1971) apparaissait sur le plan théorique comme un net progrès par rapport aux méthodes d'extraction acido-alcalines directes qui traitent le sol dans son ensemble, résidus végétaux compris. Ces dernières méthodes visent à caractériser la matière organique humifiée du sol et conduisent à l'obtention de trois fractions : acides humiques, acides fulviques et humine.

Néanmoins toutes ces méthodes (extraction ou hydrolyse à l'aide de réactifs acides ou alcalins, séparation par densimétrie) ont peu d'applications réellement intéressantes dans le domaine des recherches sur les agrosystèmes pour plusieurs raisons :

a - Les substances extraites par voie acido-alcaline (composés humiques) ont un *turn-over* généralement lent (BALESDENT et GUILLET, 1982 ; ANDERSON et PAUL, 1984) et interviennent probablement peu dans les variations saisonnières ou annuelles du stock organique des sols cultivés.

b - L'hétérogénéité de la fraction "humine" constituée de matières organiques d'origines et de natures différentes (végétale ou microbienne,

humifiée ou non) est un facteur limitant par rapport aux interprétations de ses variations dans les agrosystèmes.

c - Les fonctions de ces compartiments chimiques par rapport aux processus édaphiques majeurs (agrégation, minéralisation, propriété de surface, etc.) ne sont pas clairement établies.

d - Dans la méthode de fractionnement des matières organiques par densimétrie des résidus végétaux, les solvants organiques (bromoforme - alcool à $d = 1.1$) peuvent polluer ou altérer les fractions du sol et gêner leur étude ultérieure.

e - La fraction "matières organiques libres" peut être sous-estimée en particulier lorsqu'on utilise une densité égale à 1.1.

Aussi des chercheurs de plus en plus nombreux utilisent des méthodes physiques pour séparer les résidus végétaux du complexe organo-minéral (BRUCKERT, 1979 ; FELLER, 1979 ; ANDREUX et *al.*, 1980 ; FRANCOIS, 1988 ; FELLER et *al.*, 1991 ; etc.).

La méthode comporte plusieurs variantes. Celle que nous avons utilisée dérive de FELLER (1979).

1.2. Caractéristiques générales de la matière organique des fractions

■ *Bilan du fractionnement*

Les résultats du bilan du fractionnement sont consignés dans le tableau 10. Le taux de récupération moyen du sol après fractionnement est de 99.39 p.c. pour l'ensemble de l'échantillon ; celui du carbone est de 95 p.c. avec des valeurs comprises entre 85 et 99 p.c. Le poids de la fraction organo-minérale (FO-50) est proche du poids de la fraction texturale argile + limon (taille comprise entre 0-50 μm). Le coefficient de corrélation est égal à 0.86 (Figure 18). La désagrégation peut donc être considérée comme satisfaisante.

■ *Caractéristiques morphologiques de la matière organique des fractions granulométriques*

A l'issue du fractionnement, trois fractions sont obtenues :

- . **F200-2000** (Fraction Végétale Grossière) : elle est composée de débris végétaux grossiers de taille comprise entre 200 à 2000 μm (racines, graines, spores, etc.) associée aux sables grossiers ;

- . **F50-200** (Fraction Végétale Fine) : elle comprend des débris végétaux de taille comprise entre 50 à 200 μm , peu reconnaissables à l'oeil nu, associée aux sables fins ;

- . **FO-50** (Fraction Organo-Minérale) : cette fraction est essentiellement organo-minérale. La matière organique, non reconnaissable à l'oeil nu, est liée aux argiles et limons.

Tableau 10. Bilan du fractionnement granulométrique du carbone.

S I T	N° Parc	NOM	Poids de la fraction FO-50 (p.c)	Poids de la fraction F50-200 (p.c)	Poids de la fraction F200- 2000 (p.c)	TOTAL	Total C des fractions (mg/g sol)	Taux de récupé- ration du C (p.c)
1	1	MOU	34.54	28.93	36.02	99.49	7.55	98
	2	AN	33.03	27.92	38.37	99.32	8.05	99
	3	SIN	35.73	31.92	32.14	99.79	7.89	98
	4	YEM	32.73	30.21	36.50	99.44	9.31	89
2	1	ETW	33.07	17.61	48.86	99.54	4.40	98
	2	ETS	34.01	16.16	48.88	99.05	5.61	99
	3	AL	36.17	16.02	47.35	99.54	6.79	99
	4	WS	35.69	22.22	41.54	99.45	6.20	94
	5	ETN	36.15	22.03	40.91	99.09	6.56	99
3	1	YN	23.67	19.70	56.00	99.37	5.39	94
	2	WE	19.71	26.45	53.31	99.47	5.50	96
	3	BAG	30.20	26.55	42.77	99.52	4.33	81
	4	RAW	26.33	18.63	54.52	99.48	4.80	96
	5	WW	29.44	43.33	26.69	98.29	5.47	96
	6	ER	31.25	18.58	49.72	99.55	4.38	90
	7	YV	37.72	18.06	44.01	99.79	4.73	97
	8	RS	31.02	38.22	29.79	99.03	4.50	96
	9	SOB	32.15	39.62	27.30	99.07	6.11	99
	10	IN	53.34	31.41	14.16	98.91	6.09	99
4	1	YS	27.61	34.07	37.71	99.39	2.50	86
	2	BOM	27.06	16.37	56.14	99.57	2.59	98
	3	RAE	32.31	13.39	53.83	99.53	3.34	95
	4	RN	37.33	43.27	18.96	99.56	4.01	95
	5	IS	54.27	26.11	19.20	99.58	4.56	96
5	1	GE	28.91	24.32	46.20	99.43	4.42	95
	2	PAW	27.51	16.29	55.93	99.73	5.49	89
	3	JV	39.20	32.75	27.73	99.68	6.83	92

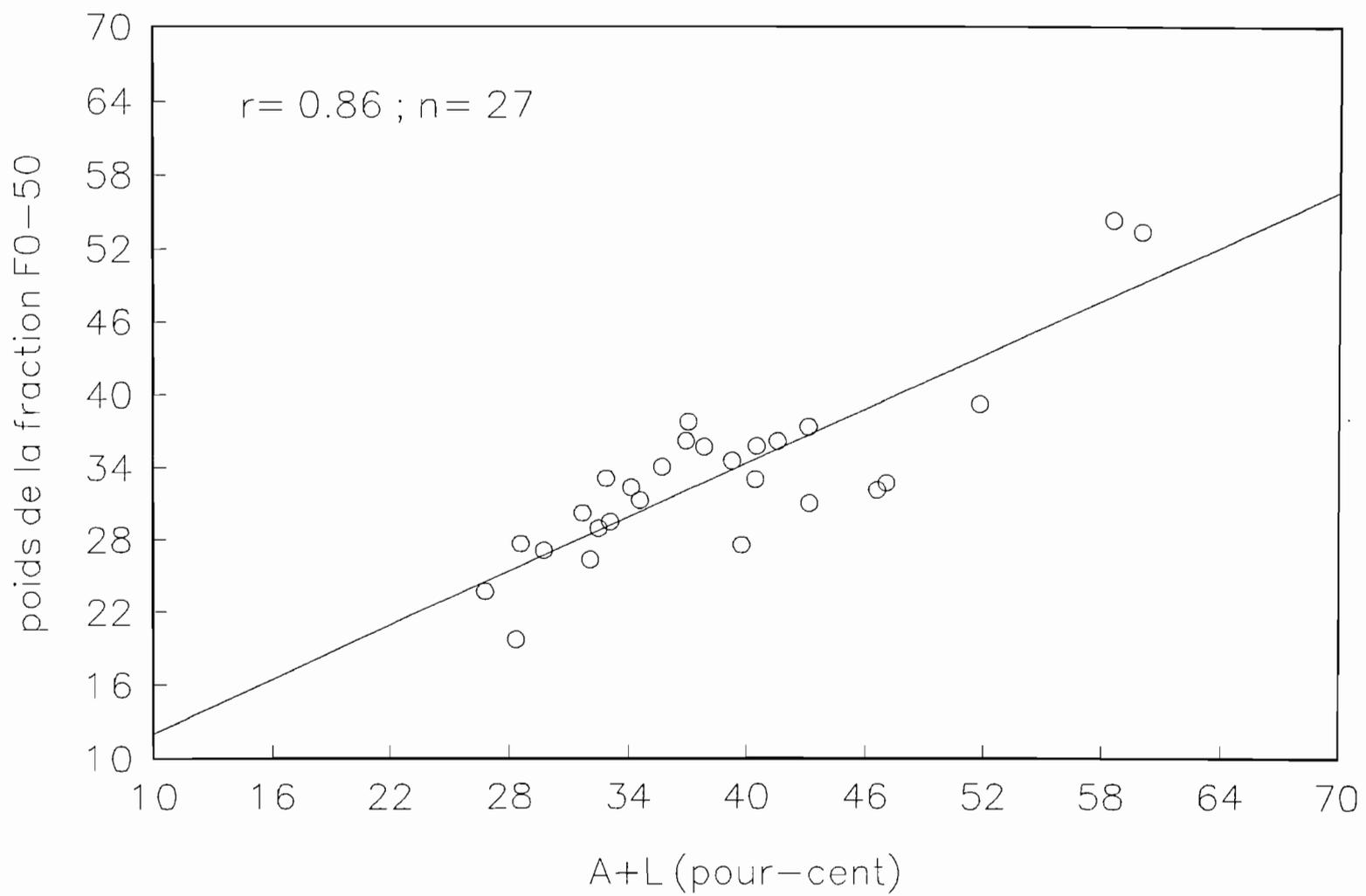


Figure 18 .Relation entre le pourcentage de la somme argile + limon et le poids de la fraction F0-50

■ *Caractéristiques chimiques des fractions granulométriques*

Seul le carbone a été déterminé. Les résultats des dosages de carbone sont exprimés par rapport au poids de la fraction obtenue (teneur en carbone de la fraction), par rapport au sol non fractionné (contenu en carbone), par rapport au total de carbone du sol (contribution au carbone total).

Les données détaillées figurent dans les annexes 9, 10 et 11.

Le domaine de variation et la moyenne pour l'ensemble de l'échantillon ($n = 27$) peuvent être consultés sur le tableau 11.

. Teneurs en carbone des fractions (en mg/g de fraction)

Pour l'ensemble des observations, les teneurs moyennes en carbone des fractions sont les suivantes (Tableau 11) :

F200-2000 : 2.44 mg/ g de fraction ;

F50-200 : 3.68 mg/g de fraction ;

F0-50 : 11.08 mg/g de fraction.

La fraction organo-minérale est donc la fraction la plus riche en carbone. Les teneurs des autres fractions sont voisines. Les valeurs observées pour les fractions grossières sont très hétérogènes. Ce qui se traduit par des coefficients de variation très élevés en particulier pour la fraction la plus grossière (C.V. = 53 p.c.).

"L'*enrichissement*" d'une fraction en carbone est calculé en utilisant le rapport entre la teneur en carbone de la fraction et la teneur en carbone du sol entier (CHRISTENSEN, 1985). Les valeurs sont rapportées au tableau 12.

Tableau 11. Caractéristiques principales des fractions granulométriques : domaine de variation et moyenne pour l'ensemble des échantillons (n = 27).

Fraction	expression	minimum	Maximum	C.V. (p.c)	moy. n=27
FO-50	en mg/g fraction (teneurs en carbone)	6.32	17.95	28	11.08
F50-200		1.00	5.99	39	3.68
F200-2000		0.76	5.55	53	2.44
FO-50	en mg/g de sol (contenus en carbone)	1.80	5.87	26	3.57
F50-200		0.25	1.69	43	0.91
F200-2000		0.36	2.06	51	0.93
FO-50	en p.c. du carbone total (participation au carbone total)	54	77	9	67
F50-200		10	23	23	16
F200-2000		7	26	31	17

Tableau 12. Enrichissement en carbone des fractions granulométriques (C-fraction/C-sol entier)

N°sit.	N°parc.	Nom parc.	FO-50	F50-200	F200-2000
1	1	MOU	1.75	0.65	0.50
	2	AN	1.61	0.74	0.66
	3	SIN	1.68	0.49	0.69
	4	YEM	1.71	0.53	0.46
2	1	ETW	1.97	0.55	0.47
	2	ETS	1.89	0.61	0.50
	3	AL	1.84	0.87	0.39
	4	WS	1.74	0.75	0.35
	5	ETN	1.69	0.75	0.52
3	1	YN	3.05	0.69	0.14
	2	WE	2.87	0.70	0.40
	3	BAG	1.78	0.56	0.29
	4	RAW	2.08	1.00	0.38
	5	WW	2.21	0.44	0.47
	6	ER	1.76	0.82	0.40
	7	YV	1.96	0.62	0.28
	8	RS	2.10	0.53	0.37
	9	SOB	1.91	0.57	0.56
	10	IN	1.35	0.65	0.47
4	1	YS	2.40	0.34	0.33
	2	BOM	2.69	0.57	0.29
	3	RAE	1.98	0.99	0.32
	4	RN	1.89	0.36	0.50
	5	IS	1.33	0.53	0.53
5	1	GE	2.47	0.43	0.29
	2	PAW	2.26	0.97	0.19
	3	JV	1.28	0.67	0.71

$$\text{Enrichissement} = \frac{\text{teneur en Carbone (fraction)}}{\text{teneur en Carbone (sol entier)}}$$

Concernant la fraction organo-minérale, les valeurs dépassent l'unité et traduisent un enrichissement de cette fraction. Pour les autres fractions, c'est la situation inverse, car les teneurs de ces fractions par rapport à celles dans l'échantillon entier ne dépassent pas l'unité.

Mais d'une manière générale les valeurs obtenues sur la fraction végétale fine (F50-200) dépassent celles sur la fraction végétale grossière (F200-2000).

La figure 19 met en évidence que l'enrichissement en carbone de la fraction organo-minérale décroît en fonction du pourcentage d'argile plus limon (0-50 μm) dans les sols, c'est-à-dire en fonction du poids de la fraction ces deux paramètres étant liés. Les sols légers à faible teneur en éléments fins présentent ainsi un enrichissement élevé en carbone de cette fraction. Par conséquent, la capacité d'absorption de ces sols d'une plus grande quantité de matière organique est faible.

. Contenu en carbone des fractions (en mgC/g sol)

Les contenus en carbone de la fraction organo-minérale sont systématiquement plus élevés que ceux des autres fractions (Annexe 10 et tableau 11). Ils se situent entre 1.80 et 5.87 mgC/g de sol. La moyenne générale est égale à 3.57 avec un coefficient de variation de 26 p.c.

Les contenus des fractions végétales sont très voisins dans l'ensemble. Les valeurs observées pour la fraction F200-2000 vont de 0.36 à 2.06 mgC/g de sol avec une moyenne égale à 0.93 ; celles observées pour la fraction F50-200 sont comprises entre 0.25 et 1.69 mgC/g de sol avec une moyenne est égale à 0.91. Les coefficients de variation de ces deux dernières

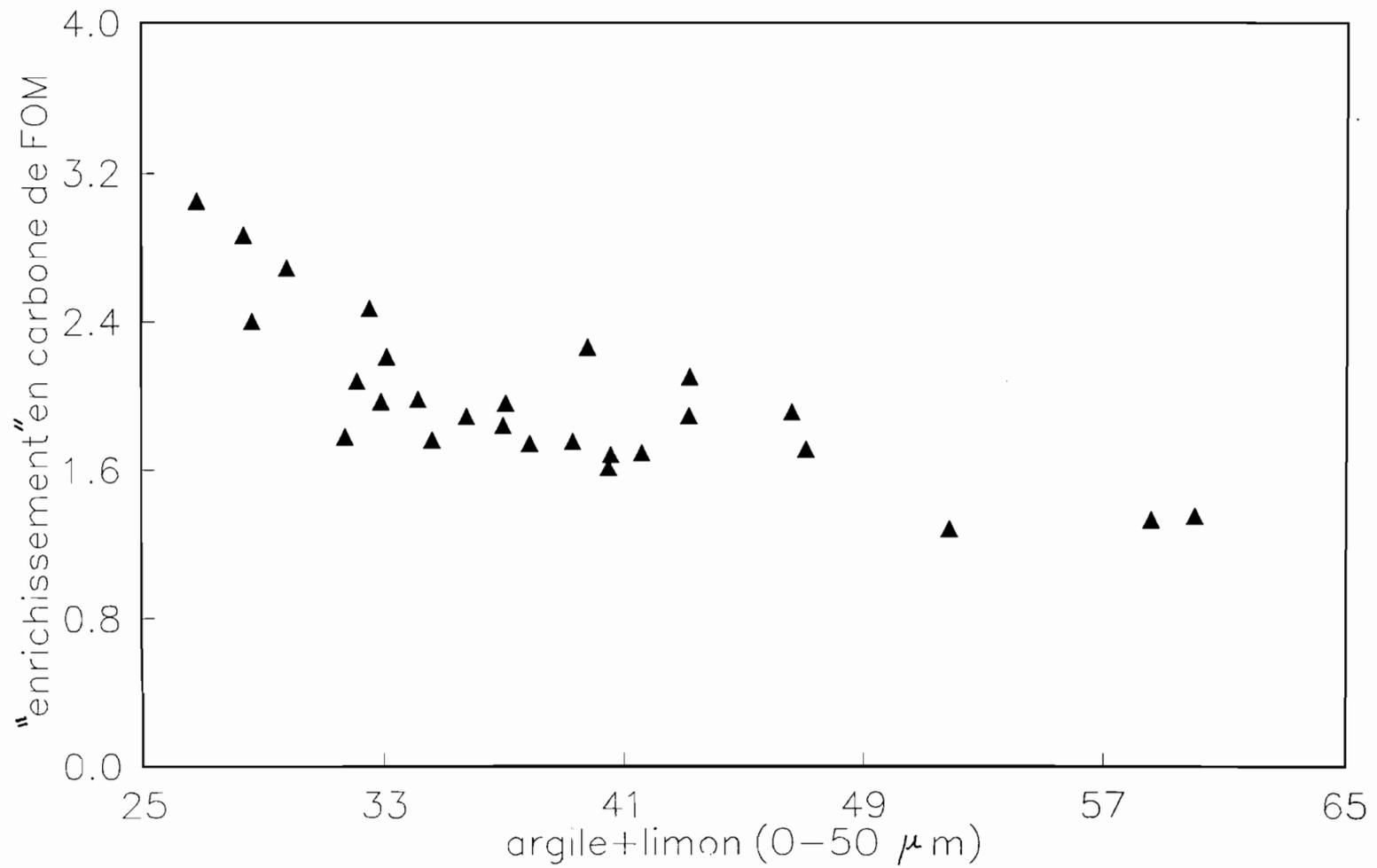


Figure 19. Relation entre la teneur du sol en argile+limon (pour-cent) et l'"enrichissement" en carbone de la fraction organo-minérale.

fractions sont très élevés : 50 p.c. pour F200-2000 et 43 p.c. pour F50-200.

. Proportions relatives du carbone des fractions granulométriques

La fraction organo-minérale concentre l'essentiel du carbone total du sol (Annexe 11 et tableau 11). Elle représente entre 54 et 77 p.c. du total. La moyenne pour l'ensemble des échantillons (sauf la jachère) est égale à 67 p.c. Le carbone des fractions végétales représente entre 25 et 45 p.c. du total.

1.3. Effet de l'âge de mise en culture sur l'évolution du carbone des fractions granulométriques

La méthode d'approche utilisée est de SIBAND (1974), CERRI et *al.* (1985), FELLER et *al.* (1991). Elle consiste à comparer les stocks de carbone des fractions granulométriques de parcelles d'âges différents soumis au même système de culture dans un milieu homogène donné. Cette méthode s'oppose à celle plus précise couramment utilisée dans les stations expérimentales où l'on compare plusieurs mesures réalisées dans le temps pour un paramètre donné.

L'évolution de la matière organique est appréciée en comparant un échantillon restreint composé :

- d'une jachère de longue durée (jachère arbustive).
- de trois parcelles en culture continue respectivement depuis trois (3), cinq (5) et trente (30) ans. Ces différentes parcelles ne reçoivent aucun apport d'amendement organique ni de fumure minérale (Situation 5).

Les données chiffrées sont réunies dans le tableau 13. L'illustration graphique est représentée sur la figure 20.

Tableau 13. Effet de l'âge de mise en culture sur l'évolution du carbone des fractions granulométriques en l'absence de restitutions organiques.

	Fractions	Jachère	3 ans	5 ans	30 ans
mgC/g de sol sec (contenu)	sol non fractionné	7.42	6.17	4.65	2.63
	F0-50	3.74	3.84	3.32	1.91
	F50-200	1.63	0.98	0.48	0.25
	F200-2000	1.46	0.67	0.62	0.43
en pour-cent du stock initial	sol non fractionné	100	83	63	35
	F0-50	100	103	89	51
	F50-200	100	60	29	15
	F200-2000	100	46	43	29

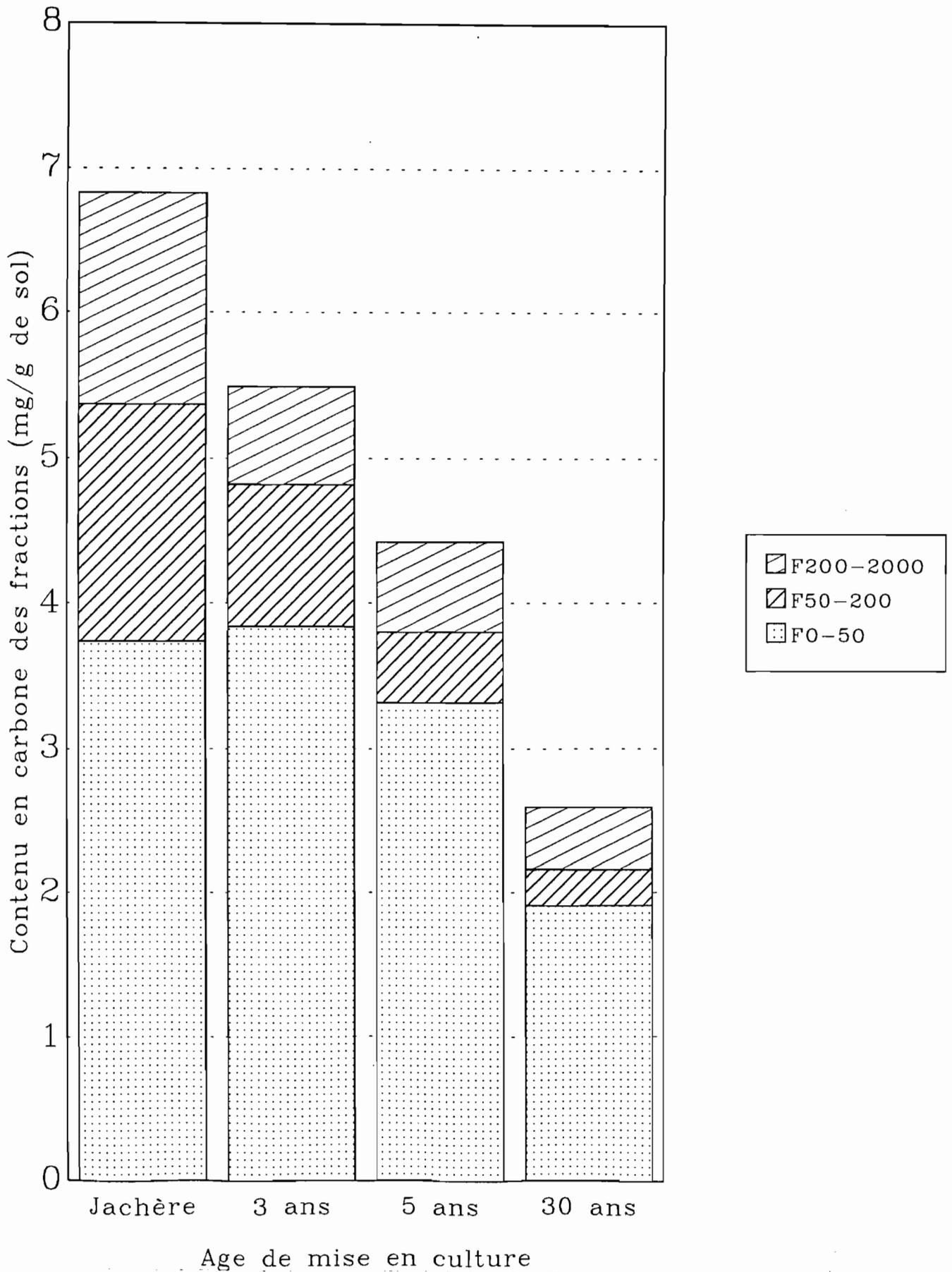


Figure 20. Effet de l'âge de mise en culture sur les différentes fractions granulométriques de la matière organique du sol

Les deux fractions grossières (F50-200 et F200-2000) présentent la même cinétique qui se distingue de celle de la fraction organo-minérale.

Après seulement trois ans de culture les fractions grossières (les deux fractions réunies) perdent la moitié de leur stock (53 p.c.) probablement au profit de la fraction organo-minérale dont le stock ne varie pas. **D'après les données du tableau 13, ce n'est qu'après 5 ans de culture que ce compartiment commence à être affecté et Il faut attendre près de trente ans (peut-être davantage) après la mise en culture pour observer une réduction de son stock de moitié.** Incontestablement ce compartiment constitue la fraction la plus stable de la matière organique du sol.

Si l'on simule un bilan des pertes en carbone, on aboutit au fait que la fraction F200-2000 a perdu 71 p.c. de son stock initial, la fraction F50-200, 85 p.c. et la fraction organo-minérale, 49 p.c. On peut donc dire que **la fraction organo-minérale constitue le compartiment de réserve carbonée utilisable à long terme et les fractions grossières le compartiment de réserve utilisable à court et moyen termes.**

En résumé on peut retenir que la chute brutale du niveau de la matière organique du sol qui survient à la suite de la mise en culture des sols par les techniques culturales traditionnelles est due à la fraction composée de débris végétaux. C'est la fraction la plus labile. Elle constitue par conséquent le compartiment de réserve carbonée utilisable à court et moyen termes. Au cours du temps les pertes de matière organique de la fraction organo-minérale interviennent, mais à un rythme relativement lent. C'est donc le compartiment de réserve utilisable à long terme.

1.4. Effet d'apports d'amendements organiques sur le carbone des fractions granulométriques

Les résultats chiffrés sont consignés dans le tableau 14 et l'illustration graphique représentée sur la figure 21.

Les amendements organiques permettent d'accroître le contenu en carbone de toutes les fractions. L'effet est proportionnel à la dose et varie selon le compartiment. La dose moyenne par exemple double le contenu de la fraction grossière et augmente la fraction organo-minérale de + 56 p.c. par rapport au témoin sans apport.

L'amplitude des variations des contenus en carbone des différents compartiments sous l'effet d'apports répétés de doses croissantes d'amendements organiques est semblable à ce qui a été observé dans le paragraphe précédent : les fractions grossières sont les compartiments les plus affectés par l'effet des apports d'amendements organiques et ceci pour toutes les doses :

	Dose faible	Dose moyenne	Dose forte
F0-50	+ 40 p.c.	+ 56 p.c.	+ 100 p.c.
F50-200 + F200-2000	+ 76 p.c.	+ 120 p.c.	+ 252 p.c.

1.5. Discussions-conclusion

Le fractionnement granulométrique des sols a permis de séparer la matière organique en trois compartiments : la fraction végétale grossière constituée de débris végétaux grossiers de taille comprise entre 200 et 2000 μm , la fraction végétale fine composée de débris végétaux de taille comprise entre 50 et 200 μm et enfin la fraction organo-minérale liée aux

Tableau 14. Effet d'apports répétés de doses croissantes d'amendements organiques (compost) sur le carbone des fractions granulométriques.

Mode d'expression	fraction	Témoin (sans apport)	Dose faible	Dose moyenne	Dose forte
		Situation 4	Situation 3+5	Situation 2	Situation 1
(teneur) mg/g de la fraction	FO-50	6.97	11.69	10.99	14.53
	F50-200	1.99	3.61	4.38	5.14
	F200-2000	1.49	1.92	2.69	4.88
(contenu) mg/g du sol entier	FO-50	2.47	3.46	3.86	4.93
	F50-200	0.47	0.91	0.83	1.53
	F200-2000	0.46	0.73	1.22	1.74
carbone de la fraction en pour-cent du carbone total du sol	FO-50	72.49	67.78	65.43	60.01
	F50-200	13.55	17.68	13.73	18.68
	F200-2000	13.95	14.55	20.84	21.31

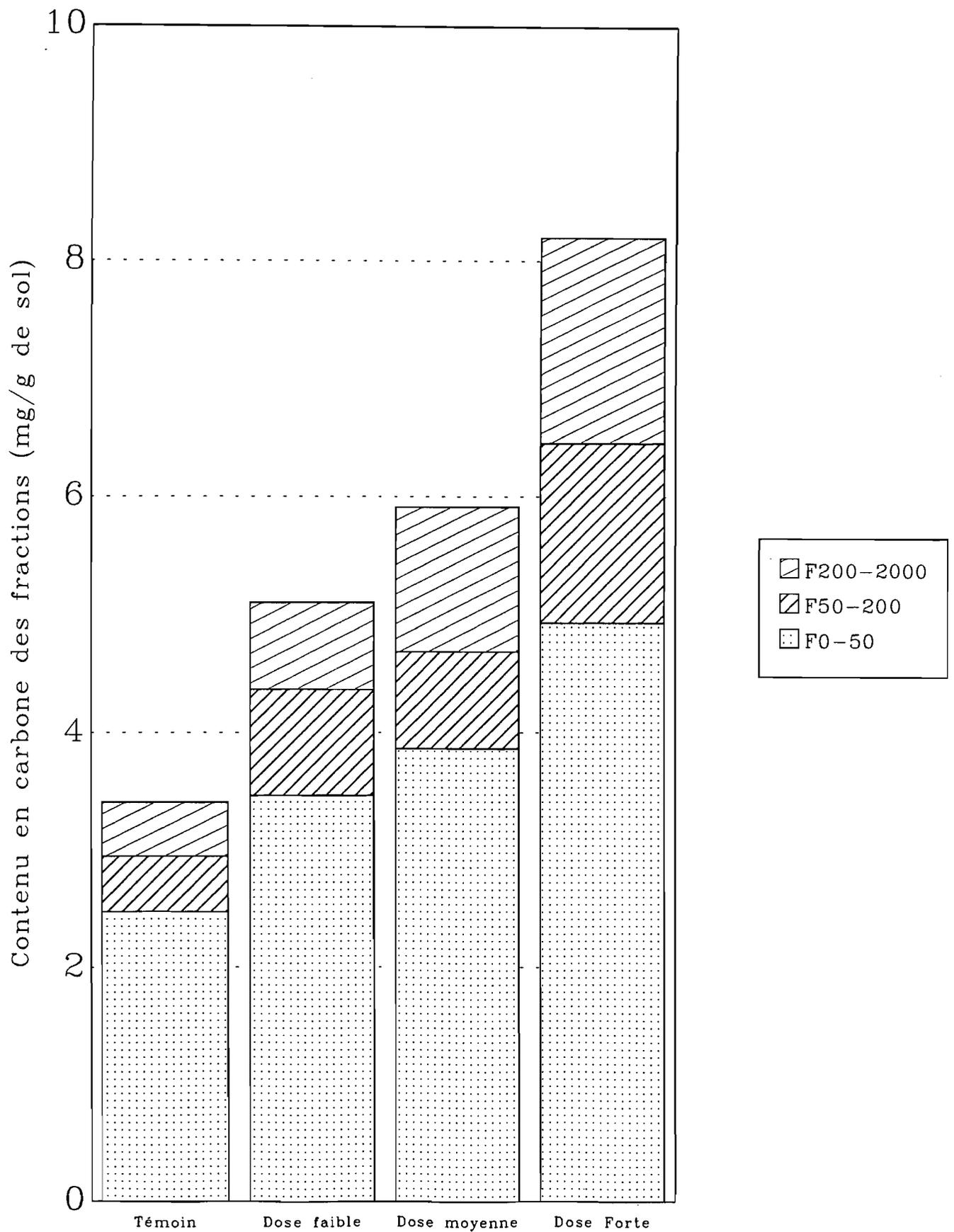


Figure 21. Effet d'apports de doses croissantes de compost sur les différentes fractions granulométriques de la matière organique du sol

argiles et limons.

En considérant l'ensemble de l'échantillon à l'étude, les valeurs moyennes des contenus en carbone des sols en culture sont :

- . F200-2000 (FVG) : 0.93 mg/g de sol (17 p.c. du total)
- . F50-200 (FVF) : 0.91 mg/g de sol (16 p.c. du total)
- . F0-50 (FOM) : 3.57 mg/g de sol (67 p.c. du total).

La fraction organo-minérale constitue par conséquent la fraction la plus importante au plan quantitatif puisqu'elle représente 67 p.c. du stock total de carbone contre 33 p.c. pour les fractions grossières. Une telle répartition est souvent observée dans les sols sableux (KANAZAWA, 1979 ; FELLER, 1981 ; FELLER *et al.*, 1983, 1987 ; SEDOGO, 1993).

L'analyse de l'évolution des différents compartiments en fonction des systèmes de culture (évolution dans le temps en l'absence de restitutions organiques, effet d'apports de doses croissantes d'amendements organiques) montre que les variations des stocks organiques du sol sous l'effet de ces systèmes de culture sont dues à celles des fractions grossières (F50-200 + F200-2000). Il ressort par ailleurs que les fractions grossières constituent le compartiment le plus labile. Cette caractéristique a été antérieurement démontrée par TIESSEN et STEWART (1983), CERRI *et al.*, 1985 ; DALAL et MAYER, 1986 ; ZHANG *et al.*, 1988 ; ANGERS et MEHUYS, 1990 ; ELUSTONDO *et al.*, 1990 ; FELLER *et al.*, 1991 ; SEDOGO, 1993). Ce comportement s'explique par le fait que le rapport C/N de la matière organique des fractions grossières est relativement plus élevé (de l'ordre de 19 selon FELLER *et al.*, 1991) que celui de la fraction organo-minérale (C/N peut atteindre 10) et constitue par conséquent une source de carbone et d'énergie pour les microorganismes. De plus, l'absence de liaison avec la

fraction minérale du sol rend cette matière organique plus facilement biodégradable.

En effet, grâce à l'utilisation des techniques isotopiques, Il a été montré que les matières organiques associées aux sables (débris végétaux) ont un taux de renouvellement nettement supérieur à celui des matières organiques associées aux argiles et limons (BALESDENT et GUILLET, 1982 ; CERRI *et al.*, 1985 ; MARTIN *et al.*, 1990)).

Sur le plan agronomique, cette labilité des fractions grossières leur confère un rôle très important dans la nutrition des plantes. C'est ainsi que WEY *et al.* (1987) soulignent que dans les sols sableux du Sénégal ce sont les débris végétaux grossiers qui contribuent, avec les engrais, à la fourniture de l'azote assimilable. Les travaux de BLONDEL (1971 b,c) et GANRY (1977) au Sénégal, d'ABBADIE *et al.* (1992) dans les sols sableux sous savane de Côte d'Ivoire, ceux de FRANÇOIS (1988) démontrent en effet une utilisation préférentielle, par les plantes, de l'azote provenant des débris végétaux du sol.

On doit donc recommander des pratiques culturales permettant des restitutions importantes et constantes en résidus organiques au sol. En effet, parmi les systèmes de culture analysés, ceux impliquant des amendements organiques au sol ou des jachères de longue durée conduisent à des stoks de carbone de la fraction végétale (taille comprise entre 50 et 2000 μm) plus élevés. Ce fait met d'ailleurs en évidence la nature du processus de stockage de la matière organique qui se ferait principalement par la voie "résiduelle" par accumulation de débris végétaux (cas d'apports de compost) ou de racines (cas des jachères de longue durée).

2. EFFET DES SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS SUR L'ACTIVITE MICROBIOLOGIQUE GLOBALE DES SOLS : EVALUATION DE LA BIOMASSE MICROBIENNE ET DE L'APTITUDE DES SOLS A MINERALISER

2.1. Introduction

En ce qui concerne plus particulièrement les sols cultivés, les microbiologistes pensent depuis longtemps que le niveau de la biomasse microbienne et son activité représentent des composantes majeures de la notion de fertilité (CHAUSSOD et *al.*, 1982) et de plus en plus les études agronomiques relatives aux variations des stocks d'azote ou de matière organique dans le sol prennent plus ou moins explicitement en compte ces aspects microbiologiques (LEFEVRE et *al.*, 1981 ; LAUDELOUT et *al.*, 1982 ; VONG, 1987).

Les différentes mesures microbiologiques ont porté sur un échantillon de six sols frais prélevés en mai 1991 sur l'horizon 0-20 cm. Il comprend :

- deux parcelles en culture continue de sorgho (sans fumure organique) depuis trois et cinq ans après une jachère de longue durée (situation 5) ;

- quatre parcelles en culture continue de sorgho depuis plus de trente ans et bénéficiant en général d'apport fréquent de matière organique (situation 3). Parmi ces quatre parcelles, seule une a fait l'objet d'une fumure organique (compost) avant le prélèvement.

2.2. Effet des systèmes de culture sur la biomasse microbienne des sols

Les résultats sont rassemblés dans le tableau 15.

■ *Effet de l'âge de mise en culture sur la biomasse microbienne*

L'effet de l'âge de mise en culture est mis en évidence en opposant l'échantillon âgé de trois ans (échantillon 1) d'une part à celui âgé de 5 ans et soumis au même système de culture que le premier (échantillon 2) et d'autre part à ceux âgés de plus de 30 ans (échantillons 3, 4, 5 et 6) mais bénéficiant en générale d'une fumure organique.

En valeur absolue la parcelle de trois ans contient 183 mg de carbone microbien par kg de sol sec et celle de trois ans 146 mg/kg de sol sec. En supposant que toutes les conditions sont égales, deux années de culture de plus ont entraîné une réduction du carbone de la biomasse microbienne de 20 p.c.

Par rapport aux parcelles de plus de 30 ans bénéficiant en général d'apport de matière organique, l'effet de l'âge de mise en culture est plus manifeste lorsque le paysan n'apporte pas de matière organique au sol. Dans ces conditions (échantillons 3, 4 et 5), la réduction de la biomasse est en moyenne de 40 p.c.

La fumure organique (échantillon 6) atténue l'effet de l'âge de mise en culture : la chute est alors de 17 p.c. par rapport à la parcelle de trois ans.

L'azote de la biomasse suit la même évolution : il est de 28 mg/kg de sol sec dans la parcelle de 3 ans, de 22 au niveau de la parcelle de 5 ans et de 16 - 17 mg/kg de sol sec dans les parcelles anciennes sans fumure

Tableau 15. Effet des systèmes de culture sur les quantités de carbone et d'azote de la biomasse microbienne des sols.

		Carbone de la biomasse micro- bienne	Azote de la biomasse micro- bienne	Carbone de la biomasse micro- bienne	Azote de la bio- masse micro- bienne
		en mg/kg de sol sec		en pour-cent du total	
3 ans de culture sans MO (1)		183	28	2.96	6.27
5 ans de culture sans MO (2)		146	22	3.13	7.18
plus de 30 ans de culture continue avec apport de MO (compost)	sans apport de MO avant prélèvement de sol (3)	109	17	2.43	4.94
	sans apport MO (4)	106	16	2.18	4.79
	sans apport MO (5)	109	16	2.03	4.65
	avec apport MO (6)	152	23	2.66	5.56

NB. MO = matière organique apportée au sol par les paysans (compost).

organique ; en présence de fumure organique la chute est moins importante car la quantité d'azote évaluée est égale à 23 mg/kg de sol sec.

■ *Effet d'apport d'amendement organique au sol sur la biomasse microbienne*

Les parcelles 3, 4, 5 et 6 (Tableau 15) sont soumises au même système de culture. Toutefois, avant le prélèvement du sol, seule la parcelle n°6 a reçu la fumure organique. Ce qui permet d'apprécier l'effet des apports annuels d'amendement organique sur la biomasse.

La fumure organique a entraîné une augmentation du carbone microbien de l'ordre de 40 p.c. par rapport aux parcelles non fumées. L'augmentation de l'azote de la biomasse est du même ordre.

■ *Discussions-Conclusion*

S'agissant des sols tropicaux, de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des transformations réalisées par les microorganismes du sol : minéralisation de la matière organique endogène ou exogène, phénomènes d'immobilisation et de minéralisation de l'azote apporté au sol sous forme d'engrais, fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, etc.

Par contre de graves lacunes subsistent au sujet de la quantification de cette biomasse microbienne. Dans ce travail, nous avons tenté de contribuer à combler ces lacunes.

La biomasse microbienne a été déterminée par la méthode de fumigation au chloroforme proposée par CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982). Cette méthode qui résulte de celle décrite par JENKINSON et

POWLSON (1976 a, b) présente la particularité d'évaluer le CO₂ d'origine non microbienne sur les échantillons fumigés après l'accomplissement du "flush".

En matière de détermination du carbone de la biomasse microbienne de nombreuses améliorations de la méthodologie permettent d'obtenir des résultats fiables. Par contre la mesure de l'azote de la biomasse microbienne pose un certain nombre de difficultés et mobilise toujours de nombreuses recherches méthodologiques (VORONEY et PAUL, 1984 ; ROSS et TATE, 1984 ; BROOKES et *al.*, 1985 a, b ; SHEN et *al.*, 1984). Les difficultés à résoudre sont :

- les pertes d'azote, par dénitrification au cours ou après fumigation, dues à la présence de microsites anaérobies ;
- la réorganisation de l'azote durant le *turnover* de la biomasse tuée par le chloroforme.

Dans le but d'une étude comparative, l'azote de la biomasse a été calculé par simple conversion en divisant le carbone de la biomasse par une constante égale à 6.6, valeur considérée comme une moyenne du rapport C/N de la biomasse microbienne (ANDERSON et DOMSCH, 1980).

La biomasse microbienne présente dans l'horizon de surface a été évaluée sur un échantillon malheureusement fort restreint. A titre indicatif, il faut signaler que les quantités de carbone de la biomasse microbienne observées oscillent entre 106 et 183 mg/kg de sol. Ces valeurs sont dans les fourchettes recensées dans la bibliographie qui ne comporte malheureusement que des données relatives aux sols des zones tempérées.

Lorsque le carbone de la biomasse est exprimé par rapport au carbone total du sol, il varie entre 2.03 et 3.13 p.c. et correspond à ce qui est

généralement observé (BROOKES et *al.*, 1982 ; BOTTNER et *al.*, 1984 ; VONG, 1987).

Par ailleurs les quantités d'azote de la biomasse varient entre 16 et 28 mg/kg de sol et représentent entre 4 et 8 p.c. de l'azote total du sol. Ce qui est en accord avec les résultats de VONG (1987).

Les valeurs de biomasse que nous avons fournies sont ponctuelles et concernent donc une phase bien déterminée de la dynamique de la population microbienne qui connaît des variations saisonnières (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970 ; VONG, 1987). Néanmoins on se rend compte que la contribution quantitative de ce compartiment "biomasse microbienne" au carbone et à l'azote organiques totaux dans les sols est faible. Son rôle déterminant dans l'évolution de la matière organique et la fertilité des sols est pourtant bien connu.

Dans les sols cultivés, des facteurs comme **l'âge de mise en culture** ou **la fumure organique** peuvent modifier le niveau de la biomasse microbienne des sols.

Le remplacement d'un couvert végétal naturel par des cultures annuelles entraîne en effet des modifications de la biologie des sols. On assiste à une diminution des activités de la mésofaune et de la microflore, de leur abondance et de leur diversité. S'agissant des microorganismes, il apparaît à travers notre étude que dans les systèmes de culture paysans ne comportant pas d'apport d'amendement organique au sol, il y a diminution de la biomasse microbienne en fonction de l'âge de mise en culture. Ce résultat va dans le même sens que ceux de FAUCK et *al.*(1969), MOREAU (1983, 1984-1985), CARTER (1986), POWLSON et *al.*(1987), WOODS et SCHUMANN (1988), VONG (1987), GUPTA et GERMIDA (1989), ANGERS et *al.*(1992).

Selon certains auteurs comme CARTER (1986), POWLSON et *al.*(1987), WOODS et SCHUMANN (1988), les caractéristiques biologiques sont les plus sensibles à la mise en culture. Au Québec, ANGERS et *al.* (1992) observent une chute de 50 p.c. de la biomasse après 4 ans de culture. Aux Etats-Unis, GUPTA et GERMIDA (1989) enregistre une réduction de 44.36 p.c. du carbone de la biomasse après 69 ans de culture d'une prairie naturelle. BADIANE NIANE (1993) constate dans les sols sableux cultivés de la zone centre-nord du Sénégal un niveau de biomasse microbienne inférieur à celui de la jachère. Il semble d'après ALEXANDER (1977) cité par BADIANE NIANE (1993) que la nature plus fibreuse de la rhizosphère sous jachère soit plus favorable à une prolifération des microorganismes.

Si l'âge de mise en culture agit dans le sens d'une réduction de la biomasse, la fumure organique, en mettant à la disposition des microorganismes une source de carbone et d'énergie, stimule l'activité biologique des sols. Les matières organiques sont alors transformées par les microorganismes hétérotrophes en métabolites et en nouveaux corps microbiens, d'où augmentation du niveau de la biomasse microbienne.

2.3. Effet des systèmes de culture sur l'activité minéralisatrice des sols

2.3.1. Introduction

Le pouvoir minéralisateur d'un sol peut s'exprimer par la minéralisation du carbone ou de l'azote (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970 ; DELPHIN et TIQUET, 1989). Cette minéralisation est sous la dépendance des facteurs climatiques (température et humidité) et édaphiques

(pH, texture, nature et quantité de matières organiques, type de sol).

En milieu contrôlé (laboratoire), nous avons tenté d'apprécier l'effet des systèmes de culture sur cette aptitude à la minéralisation des sols.

Après avoir analysé la cinétique de minéralisation du carbone, nous étudierons l'influence de l'âge de mise en culture et de la fumure organique sur l'aptitude des sols à minéraliser. Nous aborderons également l'étude des relations entre le carbone total minéralisé et la matière organique présente dans les compartiments obtenus par fractionnement granulométrique.

2.3.2. Etude de la cinétique de dégagement de CO₂ en laboratoire

L'étude de la cinétique de l'activité minéralisatrice, appréciée par le dégagement de gaz carbonique, concernera d'une part les échantillons frais n'ayant subi aucun autre traitement avant l'incubation et d'autre part ceux ayant préalablement subi une fumigation au chloroforme en vue de la quantification de la biomasse microbienne.

Les courbes de vitesse de dégagement de C-CO₂ (quantités de C-CO₂ produit par jour) et les courbes cumulatives de production de C-CO₂ pour chaque sol sont présentées sur les figures 22 et 23. Les données chiffrées sont en annexes 12 à 17.

Sur l'ensemble de ces courbes on peut distinguer deux phases, particulièrement nettes sur les échantillons fumigés :

– **Première phase** : elle se caractérise par une intense activité respiratoire appelée "flush". Les quantités de CO₂ produites sont plus importantes le premier jour puis diminuent rapidement jusqu'au 3ème-4ème

jour. Dans les échantillons fumigés, le flux journalier de CO₂ baisse ensuite progressivement pour se stabiliser entre le 7^{ème} et le 10^{ème} jour de l'incubation. Les résultats des "flush" mesurés entre 0 et 7 jours d'incubation pour les 6 échantillons fumigés et non fumigés sont rassemblés dans le tableau 16. Un écart énorme existe entre les flush déterminés sur les sols fumigés (entre 64 et 109 mg/kg de sol) et les sols non fumigés (entre 17 et 26 mg/kg de sol).

– Deuxième phase :

La phase d'intense minéralisation est suivie d'une seconde phase plus longue pendant laquelle la vitesse de minéralisation semble se stabiliser.

Lorsqu'on considère les quantités totales de C-CO₂ produites durant les 21 jours d'incubation, les valeurs enregistrées dans les sols témoins représentent entre 34 et 44 p.c. du total produit par les fumigés.

On peut remarquer sur les courbes d'intensité respiratoire et les moyennes figurant dans le tableau 17 que la respiration du sol fumigé, même après le flush c'est-à-dire après la première semaine d'incubation, est toujours différente de celle du témoin non fumigé. Dans la première semaine les quantités de C-CO₂ dégagé par les témoins non fumigés représentent entre 20 et 29 p.c. de celles dégagées par le sol fumigé. L'écart s'amenuise dans la deuxième semaine : le C-CO₂ dégagé par les témoins se situe entre 55 et 76 p.c. de celui du sol fumigé. Cet écart ne disparaît pas pour autant même deux semaines après le flush de décomposition des corps microbiens. Ainsi entre 14 et 21 jours, le CO₂ dégagé par le témoin varie entre 61 et 86 p.c. de celui dégagé par le sol fumigé.

Au total, en 21 jours d'incubation les **quantités de carbone minéralisé** par les sols non fumigés varient entre 35.4 et 61 mg/kg de sol

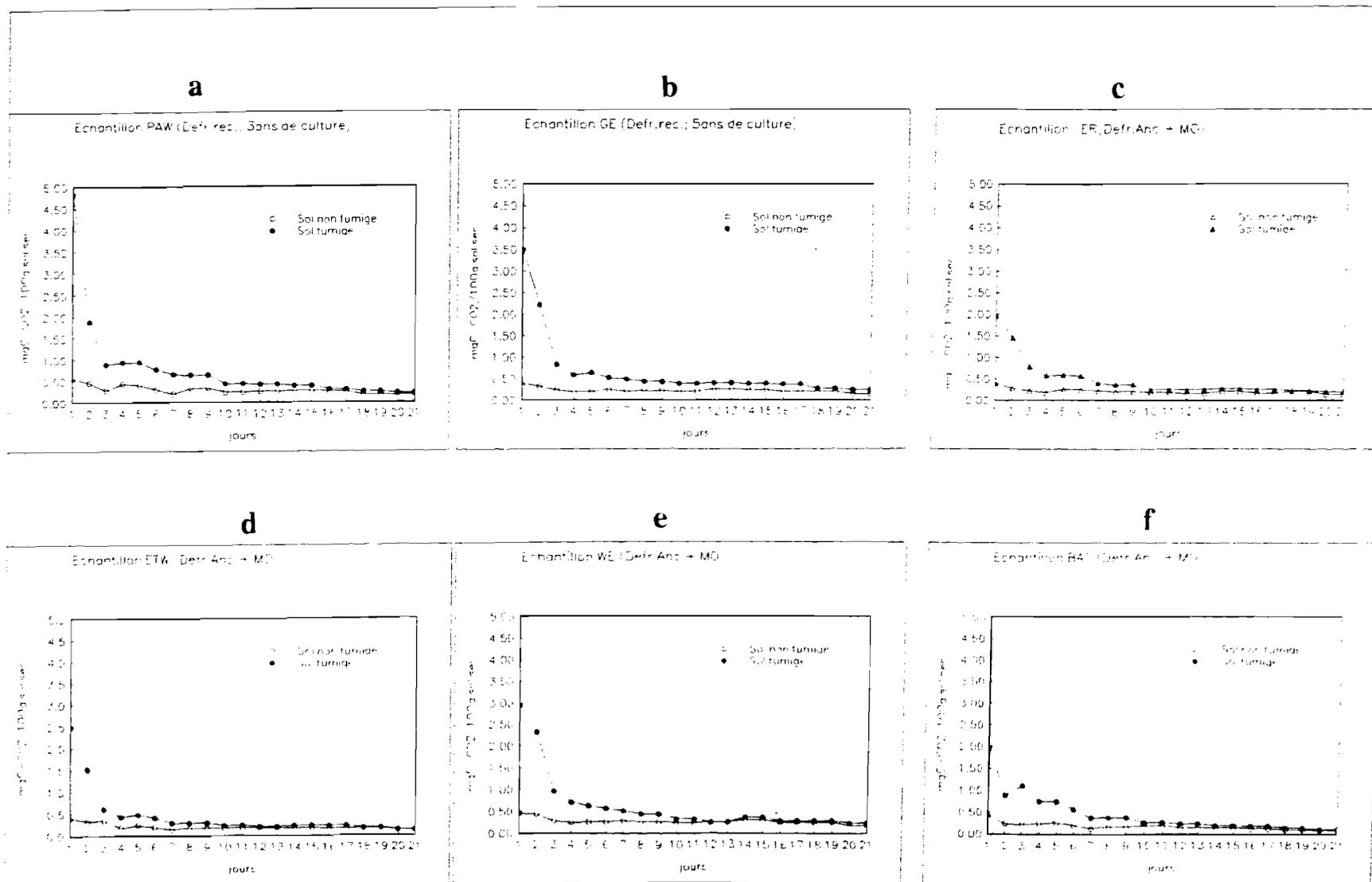


Figure 22. Evolution des quantités de carbone dégagé (sous forme de gaz carbonique) par jour par les sols fumigés et non fumigés

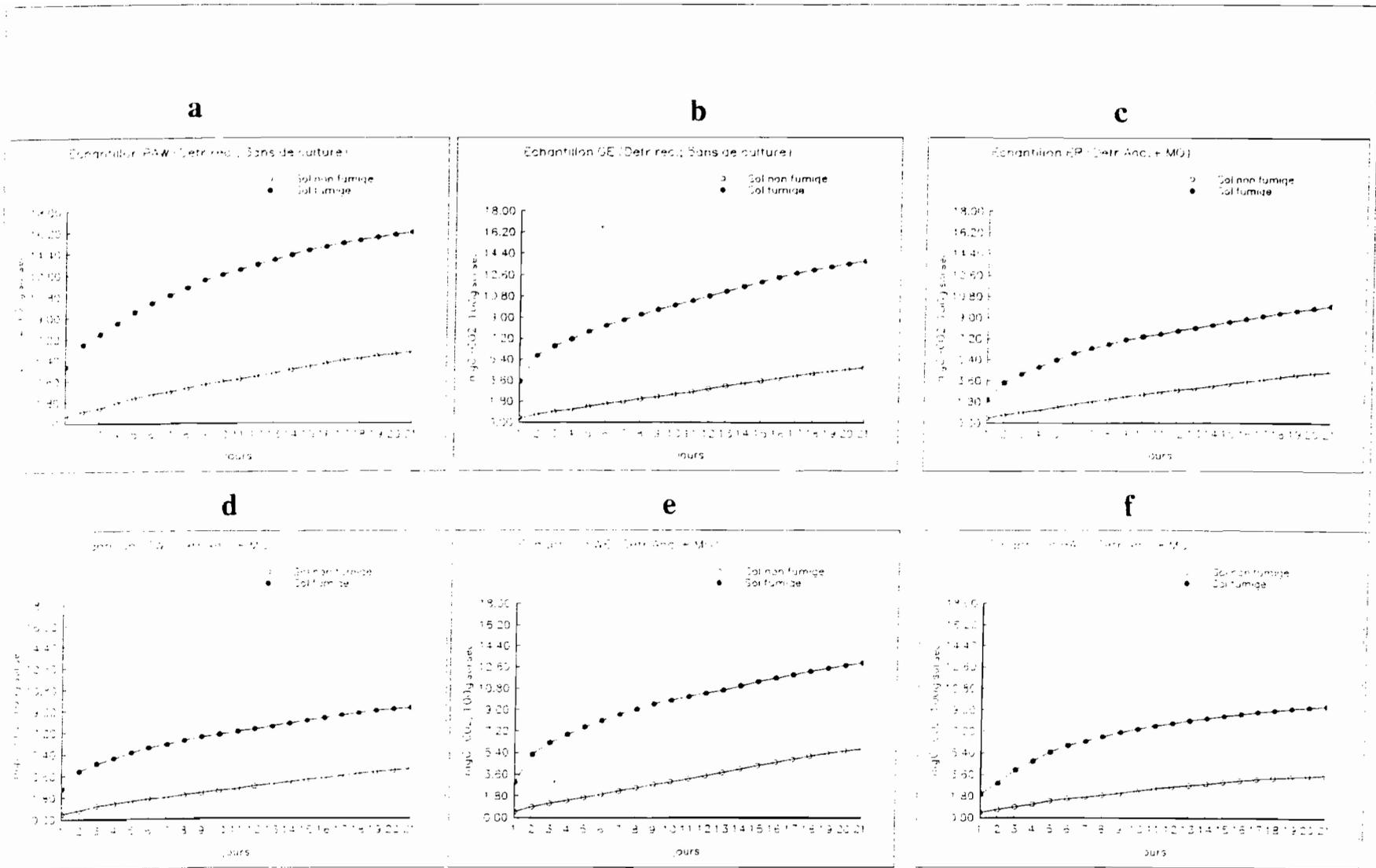


Figure 23. Evolution des quantités cumulées de carbone dégagé (sous forme de gaz carbonique) par jour par les sols fumigés et non fumigés

Tableau 16. Flush mesuré sur les sols fumigés (FO-7j) et non fumigés (TO-7j) en mg de carbone par kg de sol sec

		Flush dans le sol fumigé (FO-7 jours)	Flush dans le sol non fumigé (TO-7jours)
3 ans de culture sans MO (1)		109	26
5 ans de culture sans MO (2)		88	18
plus de 30 ans de culture continue avec apport de MO (compost)	sans apport de MO avant prélèvement de sol (3)	62	18
	sans apport MO (4)	64	18
	sans apport MO (5)	64	17
	avec apport MO (6)	86	22

Moyenne

79

20

NB. MO = matière organique apportée au sol par les paysans (compost).

Tableau 17. Moyenne des quantités cumulées de carbone dégagé sous forme de gaz carbonique par les sols non fumigés (NF) et les sols fumigés (F) par période de 7 jours (en mg C-CO₂ en mg / kg de sol sec.

0 à 7 jours		7 à 14 jours		14 à 21 jours		Total (21j)	
NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
20	<u>78.6</u>	15	<u>23.7</u>	12.6	<u>16.6</u>	47.4	<u>103.4</u>

Tableau 18. Effet des systèmes de culture sur les quantités cumulées de carbone dégagé sous forme de gaz carbonique par les sols (en mg C-CO₂ en mg / kg de sol sec).

		1ère semaine (0-7 jours)	2ème semaine (7-14 jours)	3ème semaine (14-21 jours)	Total dégagé en 3 semaines
3 ans de culture sans MO (1)		26.4	19.3	15.3	61.0
5 ans de culture sans MO (2)		17.8	15.7	13.3	46.8
plus de 30 ans de culture continue avec apport de MO (compost)	sans apport de MO avant prélèvement de sol (3)	17.9	12.2	10.8	40.9
	sans apport MO (4)	18.1	13.3	12.3	43.7
	sans apport MO (5)	17.0	11.2	7.2	35.4
	avec apport MO (6)	22.2	18.0	16.6	56.8

NB. MO = matière organique apportée au sol par les paysans (compost).

(Annexe 14) et celles dégagées par les sols fumigés oscillent entre 93 et 162.4 mg/kg de sol (Annexe 15).

Les taux de minéralisation (carbone total minéralisé en 21 jours) sont faibles pour les sols non fumigés (entre 0.66 et 1.01 p.c. du carbone total du sol) et un peu plus élevés pour les sols fumigés (entre 1.74 et 2.95 p.c. du carbone total du sol). Dans les sols non fumigés, les flux journaliers de carbone après le flush (deuxième et troisième semaine) sont comprises entre 1.31 et 2.47 mgC-CO₂/ kg de sol/jour pour une moyenne égale à 1.97 mgC-CO₂/kg de sol/jour. Lorsqu'on exprime ces flux en pourcentage du carbone total, on obtient des valeurs comprises entre 0.024 et 0.044 p.c. ; la moyenne est égale à 0.037 p.c./jour.

2.3.3. Effet de l'âge de mise en culture sur l'aptitude à minéraliser des sols

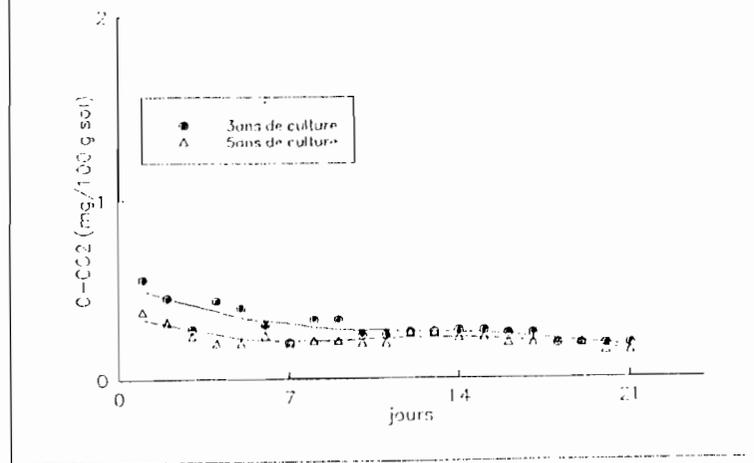
Sont illustrées sur la figure 24, les courbes de dégagement journalier et d'évolution des quantités cumulées de carbone dégagé (sous forme de gaz carbonique) d'échantillons de sol provenant de deux parcelles d'âges différents et situées sur la toposéquence de Vili (échantillons 1 et 2 du tableau 15).

Les quantités totales de carbone minéralisé en 21 jours sont égales à 61 et 46.8 mg/kg de sol (Tableau 18) respectivement pour les parcelles de 3 ans et 5 ans. La différence provient essentiellement des quantités de carbone minéralisé pendant les deux premières semaines d'incubation.

Les "systèmes de culture continue sans restitutions organiques" tendent donc à abaisser le pouvoir minéralisateur des sols au cours du temps.

a

quantités journalières de carbone dégagé



b

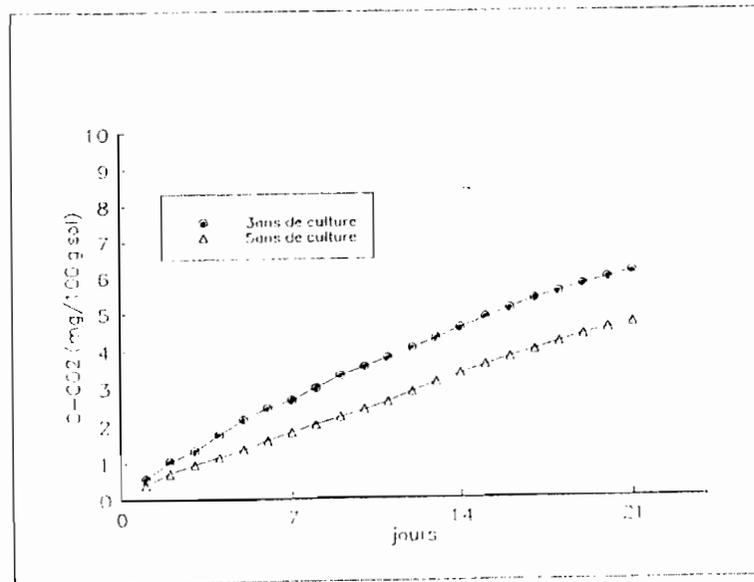


Figure 24. Effet de l'âge de mise en culture sur le pouvoir minéralisateur du sol (horizon 0-20 cm)

Tableau 18. Effet des systèmes de culture sur les quantités cumulées de carbone dégagé sous forme de gaz carbonique par les sols (en mg C-CO₂ en mg / kg de sol sec).

	1ère semaine (0-7 jours)	2ème semaine (7-14 jours)	3ème semaine (14-21 jours)	Total dégagé en 3 semaines	
3 ans de culture sans MO (1)	26.4	19.3	15.3	61.0	
5 ans de culture sans MO (2)	17.8	15.7	13.3	46.8	
plus de 30 ans de culture continue avec apport de MO (compost)	sans apport de MO avant prélèvement de sol (3)	17.9	12.2	10.8	40.9
	sans apport MO (4)	18.1	13.3	12.3	43.7
	sans apport MO (5)	17.0	11.2	7.2	35.4
	avec apport MO (6)	22.2	18.0	16.6	56.8

NB. MO = matière organique apportée au sol par les paysans (compost).

2.3.4. Effet d'apport de matière organique sur l'aptitude à minéraliser des sols

Sont représentées sur la figure 25, les courbes de dégagement journalier et d'évolution des quantités cumulées de carbone minéralisé d'échantillons de sol provenant de deux parcelles situées sur la toposéquence de Nandiala (échantillons 5 et 6 du tableau 15). Avec l'échantillon 6 qui a reçu une fumure organique (dose faible) avant le prélèvement, on enregistre une quantité de carbone dégagé plus importante (augmentation de +60 p.c. par rapport au sol sans fumure).

L'apport d'amendement organique (compost) à la dose habituellement employée par les paysans permettrait d'améliorer le pouvoir minéralisateur des sols.

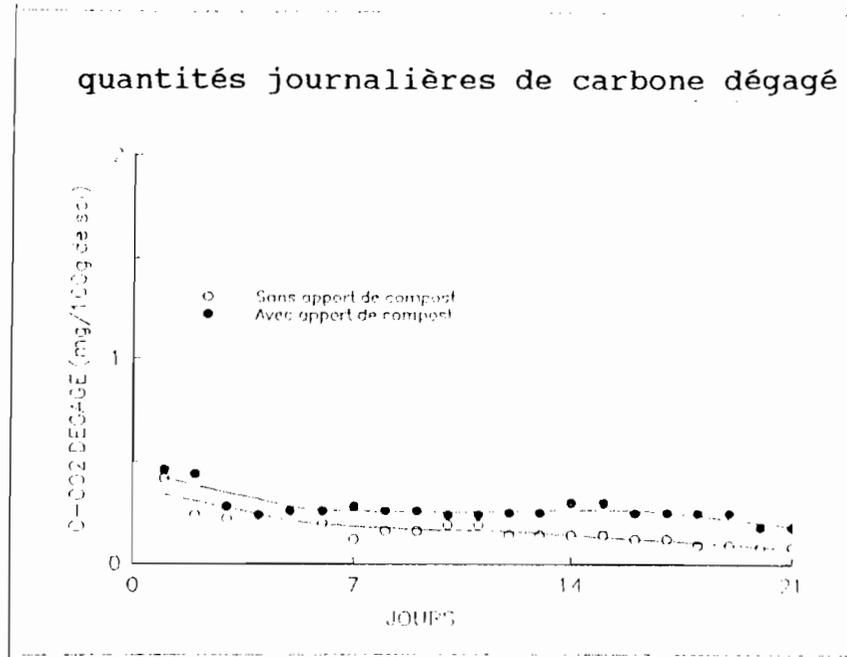
2.3.5. Relation entre l'aptitude des sols à minéraliser et la matière organique des fractions granulométriques de taille supérieure à 50 μm (F50-200 + F200-2000)

Cette étude fait suite à l'analyse de la matière organique du sol par fractionnement granulométrique du paragraphe précédent. Elle vise à identifier, par une méthode statistique, le compartiment de matière organique (obtenu par fractionnement physique) qui participe le plus au carbone total minéralisé, donc le compartiment le plus labile.

Sur la figure 26 est illustrée la relation entre la quantité cumulée de gaz carbonique dégagée en 21 jours et le carbone de la fraction supérieure à 50 μm (F50-200 + F200-2000).

On peut distinguer d'un côté les parcelles de défrièche récente en

a



b

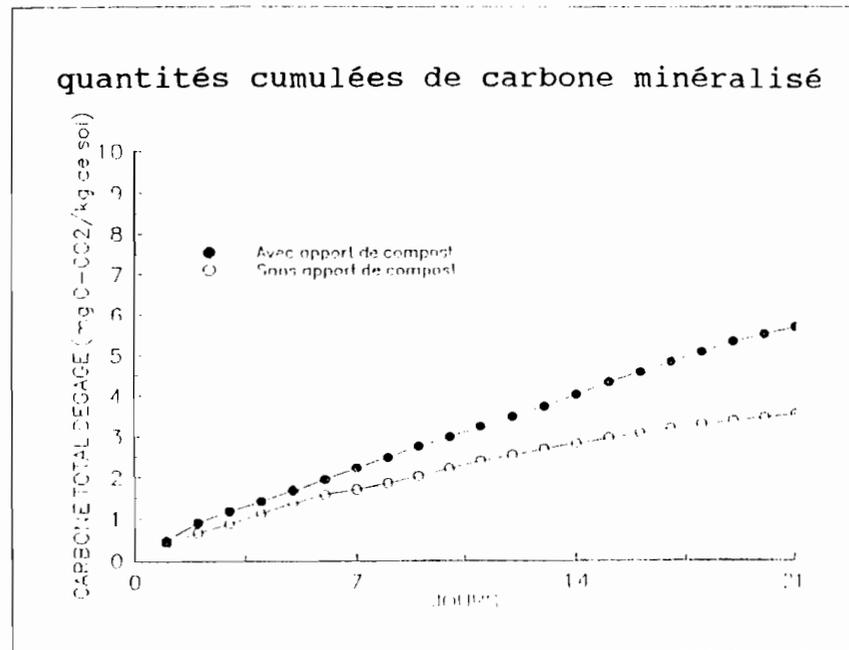


Figure 25. Effet de la fumure organique (compost) sur le pouvoir minéralisateur du sol (horizon 0-20 cm)

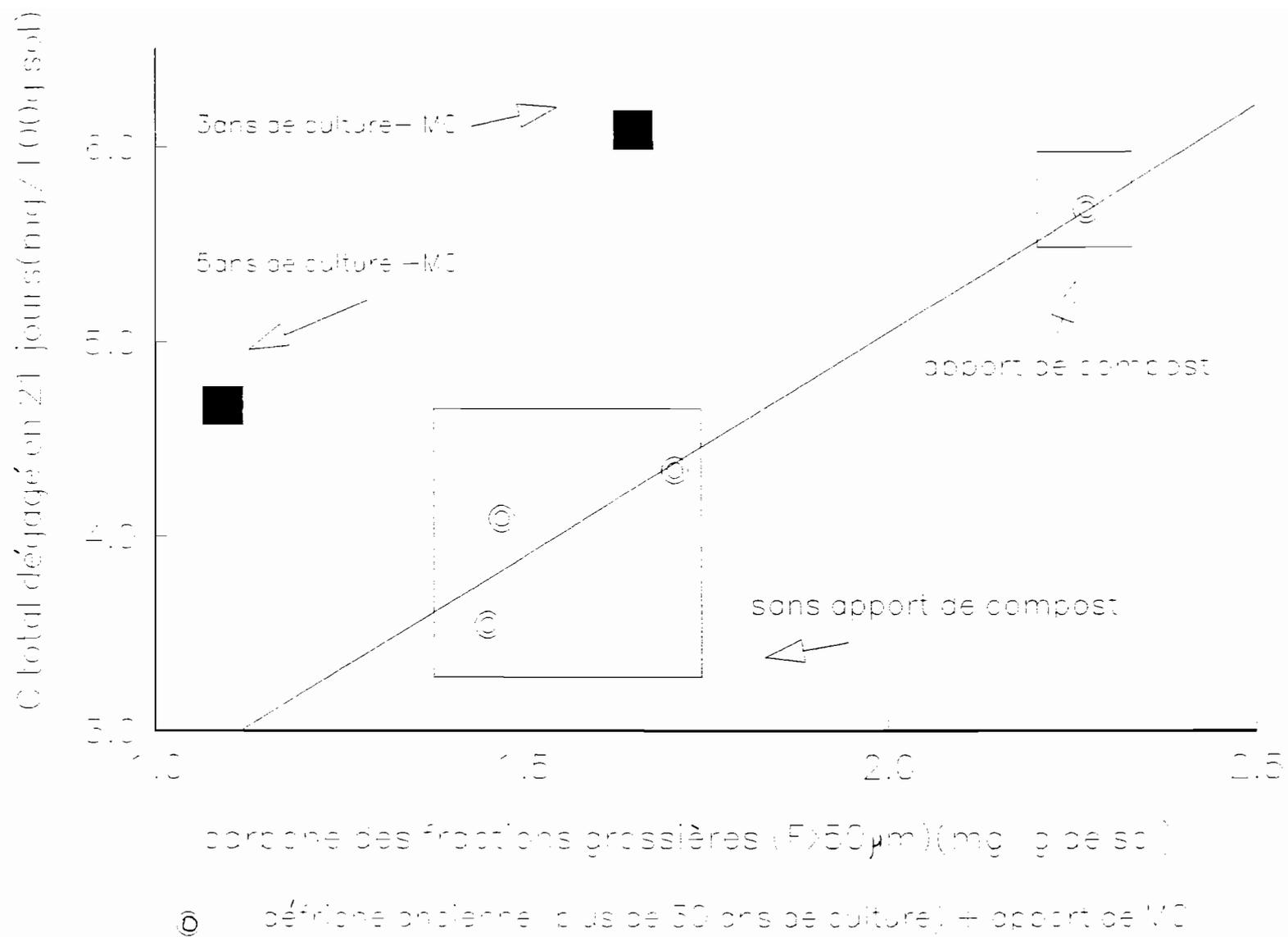


Figure 26. Relation entre le carbone total minéralisé en 21 jours et le carbone total des fractions grossières ($F_{50-200} + F_{200-2000}$).

culture continue et sans amendement organique, de l'autre les parcelles de défriche ancienne avec en général apport fréquent d'amendement organique.

On note dans les deux cas une relation assez étroite entre le total de gaz carbonique dégagé et le carbone total de la fraction de taille supérieure à 50 μm . Tout en gardant la prudence en rapport avec l'exiguïté du nombre d'observations, on peut conclure que le C-CO₂ minéralisé au cours de cette incubation aurait en grande partie pour origine la matière organique de la fraction granulométrique de taille comprise entre 50 et 2000 μm . Signalons qu'à teneur égale, le carbone des fractions grossières des sols sous défriche récente semble manifester une plus grande biodégradabilité. Ceci pourrait être mis en relation avec la nature et les caractéristiques biochimiques de la matière organique des fractions granulométriques dans les deux situations.

2.3.6. Discussions-conclusion

– Cinétique de la minéralisation du carbone

L'analyse de la cinétique de dégagement de gaz carbonique a mis en évidence deux phases correspondant à la biodégradation de groupes de matériaux organiques de labilité différente. La première phase caractérisée par une intense minéralisation appelée "flush" résulte de la dégradation d'une matière organique très labile.

Dans les sols fumigés ces produits labiles correspondent aux *cadavres des microbes tués au cours de la fumigation, principalement au carbone minéralisable de la biomasse microbienne*. Dans la méthode de détermination de la biomasse microbienne proposée par CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982), on considère que la plus grande partie du carbone minéralisable est dégagée sous forme de CO₂ en sept jours à 28°C (compte tenu de la vitesse

de minéralisation des corps microbiens).

Dans les sols non fumigés il paraît difficile de préciser la nature exacte des produits à l'origine du léger "flush" observé. Il peut s'agir de *substances organiques facilement dégradables présentes dans les sols lors du prélèvement ou formées au cours de la conservation*.

L'écart énorme qui existe entre les flush mesurés sur les sols fumigés et ceux mesurés sur les sols non fumigés met en évidence l'étroite relation qui existe entre l'activité respiratoire des sols et la présence dans le milieu d'un substrat facilement métabolisable.

Lorsque l'incubation est réalisée avec des sols desséchés, le même phénomène est observé. Le "flush" ou "extraminéralisation" (MARY et REMY, 1979 ; DELPHIN et TIQUET, 1989) est alors attribué essentiellement à la minéralisation des produits issus de la destruction partielle de la biomasse microbienne du sol par le séchage (JENKINSON, 1966 ; SORENSEN, 1977 ; BOTTNER, 1985) ou à une matière organique très labile comme les hydrosolubles (VONG, 1987).

Les échantillons de sol qui ont fait l'objet de détermination de la biomasse microbienne ont été prélevés plusieurs jours après (près de 4 semaines) que les premières pluies aient déclenché l'activité biologique des sols. Il en résulte que les produits facilement biodégradables ont déjà été minéralisés. C'est ce qui explique les faibles valeurs des flush mesurés sur les échantillons non fumigés.

On a observé sur les courbes d'intensité respiratoire que la respiration du sol fumigé, même après le flush c'est-à-dire après la première semaine d'incubation, est toujours différente de celle du témoin non fumigé. Pourtant, dans la méthode de détermination de la biomasse microbienne proposée par JENKINSON et POWLSON (1976 a,b), le flush est enregistré

en mesurant à 25°C le C-CO₂ dégagé durant les 10 premiers jours dans le traitement fumigé (F) et en corrigeant cette mesure pour tenir compte du carbone dégagé d'origine non microbienne. ***La correction est alors faite en soustrayant la respiration du sol non traité (T) sur une durée identique mais après une période de stabilisation de 10 jours.*** Le "flush" est alors donné par la formule :

$$\text{FLUSH} = \text{F(0-10j)} - \text{T(10-20j)}$$

C'est pourquoi, CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982) considèrent qu'*on ne peut utiliser en toute rigueur la respiration du sol témoin pour corriger le flush de CO₂ dégagé provenant de la matière organique non microbienne.* Ces derniers proposent alors de mesurer le flush de décomposition par la quantité de C-CO₂ dégagé entre 0 et 7 jours dans le sol fumigé moins la quantité dégagée entre 7 et 14 jours dans le même sol fumigé et incubé deux semaines, à 28°C :

$$\text{FLUSH} = \text{F(0-7j)} - \text{F(7-14j)}$$

La différence de comportement entre le sol fumigé et le sol non traité est à relier selon CHAUSSOD et NICOLARDOT (1982) aux conditions écologiques très différentes régnant dans les deux situations :

- Dans le sol fumigé, on a une microflore peu nombreuse en présence de grandes quantités de matière organique facilement assimilable. Ces conditions favorisent le développement de microorganismes ayant un taux de croissance élevé.

- Par contre dans le sol non fumigé, la population microbienne est très élevée par rapport au substrat disponible, ce qui favorise les microorganismes à constante de saturation en substrat faible.

Les travaux au champ sur la minéralisation de l'azote organique dans les sols tropicaux à longue saison sèche d'Afrique de l'Ouest tels que ceux de DOMMERGUES et MANGENOT (1970), JUNG (1970), BLONDEL (1971b), PICHOT et *al.* (1974), GIGOU (1982), etc., ont mis en évidence une cinétique grossièrement similaire à celle observée en laboratoire. Il a été mis en évidence que l'arrivée des premières pluies, après les longs mois de sécheresse, déclenche une flambée de l'activité biologique se traduisant par un "pic" d'azote minéral (ammoniacal et nitrique) dans l'horizon de surface. Cette activité biologique explosive n'excède pas 20 jours (BLONDEL, 1973 ; GANRY, 1973) et caractérise la première phase de la dynamique microbienne observée d'ailleurs en laboratoire. Cette intense minéralisation de l'azote est suivie d'une chute rapide à un niveau beaucoup plus bas pendant toute la phase humide.

La poussée d'activité (flush) observée à la suite de la réhumidification du sol après une phase de dessiccation porte essentiellement sur les processus suivants : minéralisation du carbone organique du sol (dégagement de CO₂), minéralisation de l'azote et du phosphore organiques du sol, dénitrification (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Ce flush serait dû aux modifications induites par la dessiccation du sol : fragmentation de la matière organique du sol, augmentation de la teneur en oligosaccharides et en acides aminés, augmentation de la teneur en azote minéral essentiellement sous forme d'ammonium échangeable (ammonification non biologique), accroissement des formes facilement assimilables de certains éléments, tels que la potasse, le phosphore, le soufre (CAMPBELL, 1978 cité

par GIGOU, 1982 ; DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Sur le plan agronomique, le décalage entre la période de forte minéralisation et celle où les besoins des plantes sont plus élevés (BACYE, 1993) constitue un inconvénient majeur qui peut être atténué par la pratique des semis précoces.

A partir des valeurs de biomasse obtenues, les quantités possibles d'azote minéral qui pourraient être libérées en début de saison pluvieuse sur l'horizon O-20 cm, si toute la biomasse était détruite pendant la saison sèche, oscillent entre 51 et 90 kg d'azote par hectare avec une moyenne de 65 kg d'azote. Les microorganismes pourraient donc constituer une fraction importante à court terme dans la nutrition azotée des plantes comme d'ailleurs l'avaient souligné DUXBERRY et *al.*(1989) pour les sols tropicaux d'une manière générale ; malheureusement, il semble qu'une bonne partie de l'azote minéralisé pendant le "flush" est perdue essentiellement par lixiviation (BLONDEL, 1971a ; GIGOU, 1982) et dans les eaux de ruissellement.

– Relation entre la matière organique des fractions granulométriques grossières et le pouvoir minéralisateur des sols

Plusieurs facteurs interviennent dans la variation de l'activité minéralisatrice du sol tels que la texture (effet protecteur des substances humiques par formation de complexes organo-minéraux moins accessibles à la biodégradation), l'humidité, la température, le pH, les substances nutritives dont une partie trouve son origine dans les processus de dégradation des substances organiques.

Dans les conditions de laboratoire, nous avons montré, par une relation statistique, que la matière organique des compartiments constitués de débris végétaux (F50-200 + F 200-2000) pourraient être le siège d'une activité

minéralisatrice plus intense que la fraction organo-minérale.

Cette relation explique du même coup d'un côté, l'influence négative de l'âge de mise en culture sur l'aptitude des sols à minéraliser (par le biais de la disparition progressive du stock des débris végétaux grossiers) et de l'autre, l'effet positif d'apport d'amendement organique au sol (par l'augmentation du stock des fractions granulométriques grossières).

Les fractions grossières, constituées de débris végétaux (feuilles, racines) et de certains résidus de la mésofaune et de la macrofaune, sont peu ou pas humifiées. Avec un rapport C/N élevé (FELLER et *al.*, 1983, 1987 ; CISSE, 1986, FRANÇOIS, 1988, ELUSTONDO et *al.*, 1990 ; BACYE, 1993), elles constituent une source énergétique pour la microflore hétérotrophe. Des études de minéralisation réalisées par FELLER et *al.* (1983) sur les sols sableux du Sénégal le démontrent. Des observations identiques ont été faites en milieu tempéré par KANAZAWA (1979), DALAL et MAYER (1986), CHRISTENSEN (1987).

Cette biodégradabilité élevée explique ainsi la disparition rapide de ces compartiments lors de la mise en culture des sols (CERRI et *al.*, 1985 ; DALAL et MAYER, 1986 ; ZHANG et *al.*, 1988 ; ANGERS et MEHUYS, 1990 ; ELUSTONDO et *al.*, 1990 ; FELLER et *al.*, 1990).

On doit donc recommander des pratiques culturales permettant la reconstitution et le maintien de ces compartiments, support de l'activité microbiologique des sols. Par ailleurs, dans ce contexte d'agriculture paysanne où l'utilisation de la fertilisation minérale est très faible voire inexistante, ils jouent un rôle particulièrement important sur le plan de la nutrition minérale des cultures.

CONCLUSION GENERALE

Les travaux réalisés lors de cette étude ont permis d'apporter quelques éléments de réponse au délicat problème de maintien de la fertilité des sols ferrugineux tropicaux de la zone du Plateau Central fortement affectée par la dégradation des ressources naturelles. En particulier le rôle des restitutions organiques au sol dans le maintien de la capacité productive des sols soumis aux systèmes de culture continue de sorgho a pu être précisé.

Les méthodes utilisées aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire ont permis de dégager les éléments essentiels :

Dans le contexte actuel de saturation de l'espace rural du Plateau Central, les restitutions organiques au sol par la pratique des longues jachères est en voie de disparition et la recherche agronomique recommande le recours à l'utilisation du compost de résidus de récolte ou du fumier. Compte tenu de la très faible intégration de l'élevage dans les exploitations agricoles, le fumier s'avère très peu disponible et la fumure organique est en général sous forme de compost.

■ L'analyse des **caractères chimiques** de l'horizon de surface des sols de deux terroirs représentatifs du Plateau Central révèle une dégradation profonde des sols en culture continue de sorgho depuis plus de trente ans sans restitutions organiques. Par contre les jachères de plus de dix ans ou les apports fréquents d'amendements organiques au sol par les paysans améliorent certains caractères chimiques.

En considérant la dose actuellement employée par la plupart des agriculteurs de cette zone, l'application répétée de ces composts au sol, bien qu'elle permette d'augmenter le stock de carbone total du sol (+ 55 p.c.) et le rendement du sorgho (seulement l'année où l'apport est réalisé), se révèle

par contre incapable de relever de manière significative le pH, l'azote total, le phosphore total, la capacité d'échange cationique et les bases échangeables du sol. Toutefois, les effets les plus sensibles sont enregistrés si cette dose est triplée. Dans ce cas et par rapport au sol ne recevant jamais de fumure organique, le pH_{kef} est augmentée de 1.31 unité pH, le carbone total et l'azote total sont accrus respectivement de 139 p.c. et 95 p.c., la capacité d'échange cationique de 32 p.c., le calcium échangeable de 51 p.c., le magnésium échangeable de 66 p.c. et le potassium échangeable de 111 p.c. Malgré l'élévation du niveau du phosphore assimilable du sol (+81 p.c.) et du potassium échangeable (+111 p.c.), ces derniers demeurent toujours insuffisants pour assurer une nutrition minérale adéquate et la nécessité d'une fumure minérale s'impose.

■ **Le fractionnement granulométrique de la matière organique** permet d'obtenir trois fractions : deux fractions grossières associées respectivement aux sables grossiers (F200-2000) et aux sables fins (F50-200) et une fraction de nature organo-minérale associée aux argiles et aux limons (F0-50).

Dans ces sols sableux, la matière organique de la fraction granulométrique de taille inférieure à $50\mu\text{m}$ est dominante et constitue la fraction la plus stable vis-à-vis de la biodégradation et des variations de stock sous l'effet des pratiques culturales.

Par contre les fractions grossières représentent le compartiment le plus labile et le plus sensible aux variations de stock. En effet :

- La mise en culture d'un sol sous végétation naturelle entraîne, en l'absence de restitutions organiques, une baisse rapide du contenu en carbone des fractions grossières. Cette labilité lui confère un rôle très important dans la nutrition des plantes dans ces systèmes de culture où la fertilisation

minérale est quasi-inexistante ;

- En présence de restitutions organiques, ce sont les fractions grossières qui subissent la plus grande variation du niveau de leur stock.

■ La détermination de la **biomasse microbienne** de quelques sols dès les premières pluies, par la méthode de fumigation au chloroforme, montre que le carbone de la biomasse microbienne varie entre **106** et **183 mg/kg de sol sec** et représente **2.03** à **3.13 p.c** du carbone total du sol ; l'azote de la biomasse se situe entre **16** et **28 mg/kg de sol sec** et représente **4.65** à **7.18 p.c.** de l'azote total du sol.

Les apports organiques annuels au sol sous forme de compost, à la dose pratiquée par les paysans, ont un effet positif sur le niveau de la biomasse microbienne (qui tend à baisser en fonction de l'âge de mise en culture).

■ **L'aptitude des sols à la minéralisation** (appréciée par la mesure en laboratoire du gaz carbonique dégagé durant une incubation de trois semaines) qui s'abaisse en fonction de l'âge de mise en culture peut être relevée par un apport d'amendement organique (compost). Ce dernier fournit à la microflore hétérotrophe un matériau labile essentiellement constitué par la matière organique des fractions grossières (F50-200 et F200-2000).

L'ensemble de ces différents résultats laisse supposer que l'utilisation des composts en milieu paysan offre des potentialités aussi bien dans l'accroissement des rendements des cultures que dans la reproductibilité des systèmes sédentarisés. Toutefois l'expression de ces potentialités passe par une amélioration de la qualité du compost fabriqué (par une maîtrise même de la technique) et de sa richesse chimique (par incorporation de certains éléments

comme les phosphates naturels) pour pallier certaines carences chimiques des sols.

Dans une première phase, ces améliorations permettront d'accroître la disponibilité en résidus végétaux pour les besoins de la fumure organique.

Dans une seconde phase, l'accent devra être mis sur l'intensification de la production de certaines parcelles pour la couverture des besoins alimentaires. Ce qui permettra de libérer et de mettre certaines terres en jachère.

Le reboisement et l'intégration de l'élevage dans l'agriculture devraient permettre de satisfaire les besoins en combustibles et d'accroître la disponibilité de la fumure organique. De même, les efforts déjà déployés dans la lutte antiérosive doivent se poursuivre voire s'intensifier.

BIBLIOGRAPHIE

ALLARD J.L., BERTHEAU Y., DREVON J.J., SEZE O., GANRY F., 1983. Ressources en résidus de récolte et potentialités pour le biogaz au Sénégal. *L'Agron. Trop.*, 38 (3) : 213-221.

ALBRECHT A., BROSSARD M., FELLER C., 1986.

Etude de la matière organique des sols par fractionnement granulométrique. II : Augmentation par une prairie à *Digitaria decumbens* du stock organique de vertisols cultivés en Martinique. In : *Trans. XIII Cong. Intern. Soc. Soil Sci.*, Hambourg, 1986, col. II, 214-215.

ANDERSON J.P.E., DOMSCH K.H., 1978.

A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10 : 215-221.

ANDERSON J.P.E., DOMSCH K.H., 1980.

Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil science* 130 : 211-216.

ANDERSON D.W., Paul E. A., 1984.

Organo-mineral complexes and their study by radiocarbon dating. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 48 : 298-301.

ANDREUX F., BRUCKERT S., CORREA A., SOUCHIER B., 1980.

Sur une méthode de fractionnement physique et chimique des agrégats du sol : origine possible de la matière organique des fractions obtenues. *C.R. Hebd. séances acad. Sci*, 291 (4) : 381-384.

ANGE A., 1990.

Stratification de l'espace rural et diagnostic des contraintes du milieu à la production végétale. Actes des journées de la DRN, IRAT-CIRAD, Montpellier 12-15 sept. 1989, 35-65.

ANGERS D.A., MEHUYS G.R., 1989.

Effects of cropping on carbohydrate content and water-stable aggregation of clay soil. *Can. J. Soil Sci.*, 69 : 373-380.

ARRIVETS J., 1974.

Fertilisation des variétés voltaïques de sorgho sur les sols ferrugineux tropicaux du Plateau Mossi. Doc. multigr. IRAT, Haute Volta, 49pp. et annexes.

ARRIVETS J., 1976.

Exigences minérales du sorgho. Etude d'une variété voltaïque à grande tige. *L'Agron. Trop.*, 31 (1) : 29-46.

AYANABA A., TUCKWELL S.B., JENKINSON D.S., 1976.

The effects of clearing and cropping on the organic reserves and biomass of tropical forest soils. *Soil Biol. and Biochem.*, 8 : 519-525.

AZAM F., MALIK K.A., HUSSAIN F., 1986.

Microbial biomass and mineralization. Immobilization of nitrogen in some agricultural soils. *Biology and Fertility of soils*, 2(3) : 157-165.

BACYE B., 1993.

Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de docteur en sciences. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille. 243 pp.

BALESDENT J., GUILLET B., 1982.

Les datations par le ^{14}C des matières organiques des sols. Contribution à l'étude de l'humification et du renouvellement des substances humiques. *Science du sol*, 2 : 93-112.

BELIERES J.F., SANON M., BALIMA M., 1989a.

Quelques caractéristiques structurelles des exploitations du secteur de Nandiala Sud-Ouest. Rapport IN.E.R.A., Projet Agrégation des sols, 10 pp.

BELIERES J.F., SANON M., BALIMA M., 1989b.

Fertilisation minérale de la zone d'étude. Rapport IN.E.R.A., Projet Agrégation des sols, 22 pp.

BELIERES J.F., SANON M., BALIMA M., 1989c.

Données démographiques sur la zone d'étude. Rapport IN.E.R.A., Projet Agrégation des sols, 11 pp.

BERTRAND R., 1989.

Mécanismes d'agrégation des sols tropicaux pauvres en argiles gonflantes. Rapport préliminaire de la mission de reconnaissance morphopédologique des régions de Saria (Burkina Faso) et de Molobala (Mali).

Doc.IRAT/DRN, 4, Montpellier, 35 pp.

BERTRAND R., 1990.

Organisations morphopédologiques du milieu naturel et recherches agronomiques. Actes des journées de la DRN, CIRAD-IRAT, Montpellier : 67-74.

BLONDEL D., 1971a.

Contribution à l'étude du lessivage de l'azote en sol sableux (Dior), SENEGAL. *L'Agron. Trop.*, 26 (6-7) : 687-696.

BLONDEL D., 1971 b.

Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral :
- en sol sableux au SENEGAL. *L'Agron. Trop.*, 26 (12) : 1303-1333 ;
- en sol ferrugineux tropical à Séfa. *L'Agron. Trop.*, 26(12) : 1334-1353 ;
- en sol ferrugineux tropical à Nioro du RIP. *L'Agron. Trop.*, 26 (12) : 1354-1361.

BLONDEL D., 1971 c.

Rôle de la matière organique libre dans la minéralisation en sol sableux, relation avec l'alimentation azotée du mil. *L'Agron. Trop.*, 26 (12) : 1372-1377.

BLONDEL D., 1973.

Evolution de l'azote minéral en sol ferrugineux tropical sous culture du mil (*Pennisetum Typhoides*). *Sols Africains*, 17(1) : 215- 220.

BOISSEZON (P.de), MOUREAUX C., BOQUEL G., BACHELIER G., 1973.

Les sols ferrallitiques. Tome IV : la matière organique et la vie dans les sols ferrallitiques. ORSTOM. *Initiations-Documentations Techniques*. N° 21, 146pp.

BOISSEZON (P.de), 1988.

Effets de l'enfouissement de paille de luzerne sur la capacité d'échange d'un sol brun sur limon des plateaux (C.R.journée de pédologie, ORSTOM, sept. 1988). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 24(4) : 337-339.

BONI J., OUEDRAOGO J.S., SANOGO A., SAWADOGO P., SIRPE G., ZERBO J., ZOUNDI J.S., 1989.

Potentialités agroforestières de zone semi-aride du BURKINA FASO. 118 pp.

BONZI M., 1989.

Etude des techniques de compostage et évaluation de la qualité des composts : effets des matières organiques sur les cultures et la fertilité des sols. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, IDR, Univ.de Ouagadougou, 61pp.

BOTTNER P., 1985.

Response of microbial biomass to alternate moist and dry conditions in a soil incubated with ¹⁴C and ¹⁵N-labelled plant material. *Soil Biol. and Biochem.*, 17 : 329-337.

BOULET R., 1976.

Notice des cartes de ressources en sols de la HAUTE VOLTA. Echelle 1/500 000. ORSTOM. Paris.

BOUYER S., 1959.

Etude de l'évolution du sol dans un secteur de modernisation agricole au SENEGAL. CCTA, IIIème conf. Interaf. des sols, Dakar, 2 : 841-850.

BOYER J., 1982.

Les sols ferrallitiques. Tome X : Facteurs de fertilité et utilisation des sols. *Initiations-Documentations techniques* n° 52, 384pp.

BROOKES P.C., POWLSON D.S., JENKINSON D.S., 1982.

Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biol. and Biochem.*, 14 : 319-329.

BROOKES P.C., KRAGT J.F., POWLSON D.S., JENKINSON D.S., 1985a.

Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen : the effects of fumigation time and temperature. *Soil Biol. and Biochem.*, 17(6) : 831-835.

BROOKES P.C., ANDREA L., PRUDEN G., JENKINSON D.S., 1985b.

Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen : a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. and Biochem.*, 17(6) : 837-842.

BRUCKERT S., 1979.

Séparation des complexes organo-minéraux et des matières organiques libres par tamisage dans l'eau : application aux sols à complexes argilo-humiques floculés. *Ann. Scient. Univ. Franche-Comté, Biol. Végét.*, 3ème sér., 20 : 3-7.

CAMPBELL C.A., 1978.

Soil organic carbon, nitrogen and fertility. *In* : soil organic matter, SCHNITZER M. and KHAN S.V., Ed., Elsevier, 173-271.

CATTAN P., SCHILLING R., 1990.

Les systèmes arachidières dans les zones de savane Ouest - africaines. *In* Actes des rencontres internationales "Savanes d'Afrique, terres fertiles ? ", 10-14 décembre 1990, Montpellier : 145-171.

CERRI C., FELLER C., BALESSENT J., VICTORIA R., PLENECASSAGNE A., 1985.

Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C.R. Acad. Sc., Paris, t.300*, 2(9) : 423-428.

CESAR J., COULIBALY Z., 1991.

Le rôle des jachères et des cultures fouragères dans le maintien de la fertilité des terres. *In* Actes des rencontres internationales "Savanes d'Afrique, terres fertiles ? ", 10-14 déc.1990, Montpellier : 271-287.

CHARREAU C., FAUCK R., 1970.

Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de région de Séfa. *L'Agron. Trop.*, 25 (2) : 151-191.

CHARREAU C., NICOU R., 1971.

L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques (d'après les travaux des chercheurs de l'IRAT en Afrique de l'Ouest). *Bulletin Agronomique n° 23*, IRAT.

CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., 1982.

Mesure de la biomasse microbienne dans les sols cultivés. I- Approche cinétique et estimation simplifiée du carbone facilement minéralisable. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 19 : 501-512.

CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., CATROUX G., 1986a.

Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la méthode de fumigation au chloroforme. *Science du Sol*, 2 : 201-211.

CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., CATROUX G., CHRETIEN J., 1986b.

Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques sols cultivés. *Science du Sol*, 2 : 213-226.

CHOPART J.L., NICOU R., 1973.

Effet dépressif de cultures répétées du sorgho dans les sols sableux du SENEGAL. Premiers essais d'explication. *Sols Africains*, 17 (1) : 181-188.

CHRISTENSEN B.T., 1985.

Carbon and nitrogen in particle size fractions isolated from Danish arable soils by ultrasonic dispersion and gravity sedimentation. *Acta Agric. Scand.*, 35 : 175-187.

CHRISTENSEN B.T., 1987.

Decomposability of organic matter in particle-size fractions from field soils with straw incorporation. *Soil Biol. and Biochem.*, 19 : 429-435.

CISSE L., 1986.

Etude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre-Nord du SENEGAL. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 184pp.

COINTEPAS J.P., MAKILO R., 1982.

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

DABIN B., 1971.

Etude d'une méthode d'extraction des matières humiques du sol. *Science du Sol*, 1 : 47-63.

DABIN B., 1980-1981.

Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM, sér. pédol.*, 18 (3-4) : 197-215.

DALAL R.C., MAYER R.J., 1986.

Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. III-Distribution and kinetics of soil organic carbon in particle size fractions. *Aust. J. Soil Res.*, 24: 293-300.

DELPHIN J., TIQUET J.L., 1989.

Analyse et diagnostic de la fertilité. Nouveaux éléments. II : Aspects nutritionnels et phytosanitaires. In : "Fertilité et systèmes de production". INRA, Paris : 168-178.

DIATTA S., 1975.

Evolution sous culture de sols de plateau en Casamance continentale.
Compte rendu de deux années d'essai. *L'Agron. Trop.*, 30 (30) : 344-353.

DIOUF M., 1990.

Analyse de l'élaboration du rendement du mil (*Pennisetum typhoides* Stapf et Hubb.). Mise au point d'une méthode de diagnostic en parcelles paysannes. Thèse de doctorat de l'INA-Paris-Grignon. 227pp.

DOMMERGUES Y., MANGENOT F., 1970.

Ecologie microbienne du sol. Edition Masson, Paris, 796pp.

DUCHAUFOUR P., JACQUIN F., 1966.

Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. *Bull.E.N.S.A*, Nancy, 8 (1) : 3-24.

DUGUE P., 1989.

Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone soudano-sahélienne. Le cas du Yatenga (Burkina Faso). Collection "*Documents Systèmes Agraires*", DSA/CIRAD, n°9, 350pp.

DUPONT DE DINECHIN B., 1967.

Résultats concernant les effets comparés des fumures minérales et organiques. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive.
Tome 2 : 1411-1428.

DUXBURY J.M., SMITH M.S., DORAN J.W., 1989.

Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In "Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems". Chap.2, COLEMAN D.C., OADES J.M., UEHRA G. Eds, NIFTAL Project, Univ. Hawaï, 249pp.

ELUSTONDO J., ANGERS D.A., LAVERDIERE M.R., N'DAYEGAMIYE A., 1990.

Etude comparative de l'agrégation et de la matière organique associée aux fractions granulométriques de sept sols sous culture de maïs ou en prairie. *Can.J.Soil Sci.*, 70 : 395-402.

FAUCK R., MOUREAUX C., THOMANN C., 1969.

Bilan de l'évolution des sols de Séfa(Sénégal)après quinze années de culture continue. *Agron.Trop.*, 24, 3 : 263-301.

FELLER C., 1977.

Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental). 2ème partie : aspects biologiques et caractéristiques de la matière organique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15 (3) : 291-302.

FELLER C., 1979.

Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux à textures grossières, très pauvres en humus. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 17 (4) : 339-346.

FELLER C., GANRY F., CHEVAL M., 1981.

Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agrosystème tropical. I : Influence d'une fertilisation azotée (urée) et d'un amendement organique (compost) sur la répartition du carbone et de l'azote dans différents compartiments d'un sol sableux. *L'Agron. Trop.*, 36 (1) : 9-17.

FELLER C., BERNHART-REVERSAT F., GARCIA J.L., PANTIER J.J., ROUSSOS S., VANVLIET-LANOË B., 1983.

Etude de la matière organique de différentes fractions granulométriques d'un sol sableux tropical. Effet d'un amendement organique (compost). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 20 : 223-238.

FELLER C., CHOPART J.L., DANCETTE F., 1987.

Effet de divers modes de restitution de pailles de mil sur le niveau et la nature du stock organique dans deux sols sableux tropicaux (Sénégal). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 23 (4) : 237-252.

FELLER C., 1988.

Effet de différents systèmes de culture sur les stocks organiques de sols argileux tropicaux des Petilles Antilles. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 24 (4) : 341-343.

FELLER C., FRITSCH E., POSS R., VALENTIN C., 1991.

Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 26 (1) : 25-36.

FRANCOIS C., 1988.

Devenir à court terme de différentes formes d'azote (urée, végétaux, sol) dans un ferrisol (Martinique). Caractérisation de N-organique par fractionnement granulométrique. Etude avec ¹⁵N. Thèse doctorat Univ. Nancy I, 135p. et annexes.

GROUZIS M., 1987.

Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse doctorat d'état, Université Paris Sud, Centre d'Orsay.

GANRY F., 1973.

Le problème de la date de semis du mil (*Pennisetum Typhoides*) en zone tropicale. *Sols Africains*, 17 (1) : 59-63.

GANRY F., GUIRAUD G., 1974.

Efficacité de l'engrais azoté en année sèche à Bambey : rôle de la matière organique. Bambey, ISRA-IRAT, 40pp.

GANRY F., 1977.

Etude en microlysimètres de la décomposition de plusieurs types de résidus de récolte dans un sol sableux tropical. *L'Agron. Trop.*, 32 (1) : 51-65.

GANRY F., ROGER P., DOMMERGUES Y., 1978.

A propos de l'enfouissement de pailles dans les sols sableux tropicaux du Sénégal. *C.R. Séance Acad. Agric. Fr.*, 15 mars 1978, 445-454.

GANRY F., 1990.

Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche. Thèse doctorat d'Etat. Sciences naturelles, Université Nancy I, 355 pp.

GANRY F., 1991.

Valorisation des résidus organiques à la ferme et maintien de la fertilité du sol. Un itinéraire technique progressif appliqué à la culture de maïs au sud-Sénégal. *In* : Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Montpellier, France, 10-14 décembre 1990, 317-330.

GIGOU J., DUBERNARD J., 1979.

Etude du devenir de l'azote apporté par les engrais sur une culture de sorgho au Nord Cameroun. *In* : Isotopes and radiations in research on soil-plant relationships, Colombo, Sri-Lanka, 11-15 Déc. 1978, 49-65. Vienna, IAEA.

GIGOU J., 1980.

Effects of straw application on the fertilizer needs of a sorghum-coton rotation in North-Cameroon. *In* : Organic recycling in Africa, colloquium FAO-SIDA, BUEA, Cameroon, 1977, 186-191. ROMA, FAO (Soil Bull.43).

GUINKO S., 1984.

Végétation de la Haute Volta. Thèse doctorat d'état., Univ. Bordeaux III, 318 pp.

GIGOU J., 1982.

Dynamique de l'azote minéral en sol nu ou cultivé de région tropicale sèche du Nord Cameroun. Thèse docteur-ingénieur, Univ. des Sc. et Techn. du Languedoc, Montpellier, 171 pp.

GODEFROY J., JACQUIN F., 1975.

Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales ; comparaison avec les sols forestiers. *Fruits*, 30 (10) : 595-61.

GUPTA S. R., GERMIDA J. J., 1989.

Composition and activity of soil microbial biomass as affected by cultivation. Agronomy abstracts. *Soil science society of America*. Las Vegas, Nevada.

HENIN S., TURC C., 1950.

Essai de fractionnement des matières organiques du sol. *Trans. 4th. Int. Congr., Soil Sci.* 1 : 152-154.

HENIN S., MONNIER G., TURC L., 1959.

Un aspect de la dynamique des matières organiques du sol. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 248 : 138-141.

HIEN V., BELEM P.C., BERGER M., RICHARD L., 1984.

Aspect général de l'évolution de la fertilité des sols burkinabè en culture continue. *Notes et Documents burkinabè*, 15 (4) : 18-24.

HIEN V., 1990.

Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de docteur de l'Inst. Nat. Poly. de Lorraine. 135pp. et annexes.

HIEN V., TRAORE OU., SANON K., 1991.

Rapport d'activités du volet expérimentation du projet Engrais Vivriers. Campagne 1990. INERA/CNRST-Burkina Faso, 24pp.

INSD, 1986.

Récensement général de la population, du 10-20 décembre 1985. Résultats provisoires. 1Opp. et annexes.

JENKINSON D.S., 1966.

Studies on the decomposition of plant material in soil. II-Partial sterilization of and the soil biomass. *J.Soil Sci.*, 17 (2) : 280-302.

JENKINSON D.S., POWLSON D.S., 1976a.

The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. I-Fumigation with chloroform. *Soil Biol. and Biochem.*, 8 : 167-177.

JENKINSON D.S., POWLSON D.S., 1976b.

The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. II-A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. and Biochem.*, 8 : 209 - 213.

JENKINSON D.S., POWLSON D.S., 1980.

Measurements of microbial biomass in intact soil cores and in sieved. *Soil Biol. and Biochem.*, 12 : 579-581.

JENKINSON D.S., 1976.

The effects of biocidal treatments on metabolism in soil.
IV-The decomposition of fumigated organisms in soil. *Soil Biol. and Biochem.* 8 : 203-208.

JENKINSON D.S., 1977.

Studies on the decomposition of plant material in soil. IV.The effect of rate of addition. *J.Soil Sc.* 28 : 417-423.

JENKINSON D.S., LADD J.N., 1981.

Microbial biomass in soil : measurement and turnover. *Soil Biochem.*, 5 : 415-471. Paul and Ladd, Ed.M.Dekker N.Y.

JOUBE P., 1990.

L'analyse agronomique des situations culturales. Actes des journées de la DRN. Montpellier, 12-15 Sept. 1989. Editeur IRAT-Montpellier :127-135.

JUNG G., 1970.

Variations saisonnières des caractéristiques microbiologiques d'un sol ferrugineux tropical peu lessivé (Dior), soumis ou non à l'influence d'*Acacia albida* (Del). Col.Plant.Gauthiers-Villars : 113-136.

KALOGA B., 1968.

Etude pédologique de la Haute Volta. Région Centre Sud. ORTOM, Centre de Dakar-Hann.

KALOGA B., 1970.

Etude pédologique des bassins versants des voltas blanche et rouge. Troisième partie:sols associés aux vertisols : sols bruns eutrophes et sols halomorphes. *Cah. ORSTOM, sér.Pédol.*, 8(2).

KANAZAWA S., 1979.

Studies on the plant debris in rice paddy soils. 1-Morphological observation and numbers of microbes in fractionated plough layer of paddy soils. *Soil Sci.Plant Nutr.*, 25 : 59-69.

LAVILLE-TIMSIT L., LECOMTE P., 1989.

Approche géologique et altérologique régionale de Saria (Burkina Faso) et de Molobala (Mali). Rapport BRGM n°89 AFO OU1 GEO.

LEFEVRE G., HIROUX G., YVART B., 1981.

Effets des apports organiques et minéraux sur le comportement de l'azote dans le sol. *Bull.AFES, Science du Sol*, 1 : 31-54.

LOMPO F., 1983.

Problématique de la matière organique dans la zone du Plateau Mossi. Etude de la disponibilité en résidus culturaux et de leurs modes de transformation (Station Agronomique de Saria). Mémoire d'ingénieur du développement rural, ISP, Ouagadougou, 108pp.

LOMPO F., 1993.

Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso : Etudes des effets de l'interaction phosphates naturels-matières organiques. Thèse de docteur-ingénieur. Université Nationale de Côte d'Ivoire, 247pp.

MARTIN A., MARIOTTI A., BALESSENT J., LAVELLE P., VUATTOUX R., 1990. Estimate of organic matter turnover rate in a savanna soil by ¹³C natural abundance measurements. *Soil Biol.and Biochem.*, 22 : 517-523.

MARY B., REMY J.C., 1979.

Essai d'appréciation de la capacité de minéralisation de l'azote des sols de grande culture. I-Signification des cinétiques de minéralisation de la matière organique humifiée. *Ann. Agron.* 30(6) : 513-527.

MONNIER G., TURC L., JEANSON-LUUSINANG C., 1962.

Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol. *Ann. Agron.*, 13(1) : 55-63.

MOREAU R., 1984-1985.

Etude sur parcelles comparatives de l'évolution des sols ferrallitiques sous différents modes de mise en culture en zone forestière et préforestière de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 21(1) : 43-56.

NIANE BADIANE A., 1993.

Le statut organique d'un sol sableux de la zone Centre-Nord du Sénégal. Thèse de docteur de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 200pp.

NICOLARDOT B., CHAUSSOD R., CATROUX G., 1984.

Décomposition de corps microbiens dans des sols fumigés au chloroforme: effets du type de sol et de microorganisme. *Soil Biol. Biochem.*, 16(5) : 453-458.

NICOLARDOT B., GUIRAUD G., CHAUSSOD R., CATROUX G.,

1986. Minéralisation dans le sol de matériaux microbiens marqués au carbone 14 et à l'azote 15 : quantification de l'azote de la biomasse microbienne. *Soil Biol. and Biochem.*, 18(3) : 263-273.

OUATTARA B., 1991.

Etude des effets de substrats organiques sur les propriétés physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso. Mémoire de D.E.A. d'écologie tropicale, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Nationale de Côte d'Ivoire, 62 pp.

PALLO F.J.P., THIOMBIANO L., 1989.

"Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions du Burkina Faso : caractéristiques et contraintes pour l'utilisation agricole". *SOLTROP* 1989, 307-324.

PERON Y., ZALACAIN V., 1975.

Atlas de la Haute Volta. In : Les Atlas Jeune Afrique. Ed.J.A., Paris.

PICHOT J., ROCHE P., 1972.

Le phosphore dans les sols tropicaux. *L'Agron. Trop.* 27.

PICHOT J., 1978.

Rôle de la matière organique dans la fertilité des sols. *L'Agron. Trop.*, 30(2) : 170-174.

PICHOT J., SEDOGO M.P., POULAIN J.F., ARRIVETS J., 1981.

Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *L'Agron. Trop.*, 36(2) : 122-133.

PIERI C., 1974.

Premiers résultats expérimentaux sur la sensibilité de l'arachide à la toxicité aluminique. *L'Agron. Trop.*, 29(6-7): 685-696.

PIERI C., 1976a.

L'acidification d'un sol Dior cultivé du Sénégal et ses conséquences agronomiques. *L'Agron. Trop.*, 31(3) : 245-253.

PIERI C., 1976b.

L'acidification des terres de culture exondées au Sénégal. *L'Agron. Trop.*, 31(4) : 339-368.

PIERI C., 1985.

Bilans minéraux des systèmes de culture pluviales en zones arides et semi-arides. *L'Agron. Trop.*, 40 (1) : 1-19.

PIERI C., 1986.

Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne subsaharienne. *L'Agron. Trop.*, 41 (1) : 1-19.

PIERI C., 1989.

Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. Ministère de la coopération et CIRAD-IRAT, Paris. La Documentation Française, 444pp.

PIERI C., 1991.

Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. In Actes des Rencontres internationales, "Savanes d'Afrique, terres fertiles ? " 10-14 décembre 1990, Montpellier : 43-73.

POULAIN J.F., 1977.

Les résidus de culture dans les systèmes culturaux traditionnels de l'Afrique de l'Ouest. Effets sur le bilan minéral et le statut organique des sols. Proposition pour une meilleure gestion, Doc. multigr., IRAT-Haute Volta, 52pp.

POWLSON D. S., BROOKES P.C., CHRISTENSEN B.T., 1987.

Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19 : 159-164.

ROOSE E.J., 1979.

Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous savane soudano-sahélienne. Saria (Haute Volta) : synthèse des campagnes 1971-1974. ORSTOM-Paris. 123pp.

ROOSE E.J., 1980.

Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matière sous végétations naturelles ou cultivées. Thèse doct. ès-sciences, Univ. Orléans, ORSTOM, Paris, Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 130. 578pp.

ROSS D.J., TATE K.R., CAIRNS A., MEYRICK K.F., 1980a.

Influence of storage in soil microbial biomass estimated by three biochemical procedures. *Soil Biol. and Biochem.*, 12 : 369-374.

ROSS D.J., TATE K.R., CAIRNS A., PANSIER E.A., 1980b.

Microbial biomass estimations in soils from tussock grasslands by three biochemical procedures. *Soil Biol. and Biochem.*, 12 : 375-383.

ROSS D.J., TATE K.R., 1984.

Microbial biomass in soil : effects of some experimental variables on biochemical estimations. *Soil Biol. Biochem.*, 16 (2) : 161-167.

SAMAKE F., 1987.

Contribution à la valorisation du phosphate naturel de Tilemsi (Mali) par l'action d'acides minéraux et de composés organiques humifiés. Thèse doct. ing., INPL Nancy, 198pp.

SARR P.L., 1981.

Analyse des effets induits par l'intensification des cultures sur quelques caractéristiques physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical du Sénégal(Nioro-Du-Rip). Thèse doctorat 3ème cycle, Agro-Pédo, Univ. des Sci.et Tech. du Languedoc, Montpellier, 100pp.

SEDGA Z., 1991.

Contribution à la valorisation agricole des résidus de culture dans le Plateau Central du Burkina Faso.Inventaire des disponibilités en matière organique et étude des effets de l'inoculum Micro 110 IBF dans la pratique du compostage. Mémoire de fin d'études. Inst. Polytech. Rural de Katibougou, Mali, 100pp.

SEDOGO M.P., 1981.

Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse doct-ing., sciences agronomiques, INPL Nancy, 198pp.

SEDOGO M.P., 1993.

Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture:incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse doctorat ès-sciences, Univ. Nat. de Côte d'Ivoire, 333pp.

SHEN S.M., PRUDEN G., JENKINSON D.S., 1984.

Mineralization and immobilisation of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen. *Soil Biol.and Biochem.*, 16 (5) : 437-444.

SIBAND P., 1974.

Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *L'Agron.Trop.*, 29 (12) : 1228-1248.

SOME L., 1989.

Diagnostic agropédoclimatique du risque de séchèresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho,de mil et de maïs. Thèse de docteur de l'Univ. de Montpellier, 312pp.

SORENSEN L.H., 1977.

Factors affecting the biostability of metabolic materials in soils. *Soil Organic Matter Studies*, Vienna, 2 : 3-14.

TIESSEN H., STEWARD J.W.B., 1983.

Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter. II- Cultivation effects on organic matter composition in size fraction. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, 47 : 509-514.

TRIBOI E., 1990.

Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum* em Thell. *Agronomie* 10 : 191-200.

TRUONG B., PICHOT J., BEUNARD P., 1978.

Caractérisation et comparaison des phosphates naturels tricalciques d'Afrique de l'Ouest en vue de leur utilisation directe en agriculture. *L'Agron.Trop.*, 33(2) : 136-145.

TRUONG B., BEUNARD P., DIELOLA K., PICHOT J., 1982.

Caractérisation et comparaison des phosphates naturels de Madagascar en vue de leur utilisation directe en agriculture. *L'Agron. Trop.*, 37(3) : 288-294.

TRUONG B., 1984.

Etude des phosphates naturels partiellement attaqués : Haute Volta et Togo. Rapport IRAT, 2Opp.

TRUONG B., FAYARD C., 1987.

Proposition d'une filière d'engrais au Burkina Faso, à base de phosphate naturel de Kodjari, partiellement solubilisé. Rapport IRAT/DRN, n° 2, 9Opp.

VALENTIN C., 1989.

Les états de surface des savanes de l'Ouest africain : relations avec les sols et incidences sur l'économie en eau. In : Soltrop 89. Actes du 1er séminaire franco-africain de pédologie tropicale, Lomé, Togo, 6-12 février 1989. Paris, Coll. *Colloques et séminaires ORSTOM* : 243-252.

VONG P.C., 1987.

Contribution à l'étude cinétique des différents compartiments azotés contenus dans des sols cultivés après apports de fertilisants minéraux et organiques. Thèse doctorat d'état ès Sci. Naturelles., Inst. Nat. Poly. Lorraine. 217pp.

VORONEY R. P., PAUL E.A., 1984.

Determination of K_c and K_n *in situ* for calibration of the chloroform fumigation-incubation method. *Soil Biol. Biochem.*, 16 : 9-14.

WASTON J.R., PARSONS J.W., 1974.

Studies of soil organo-mineral fractions. I. Isolation by ultrasonic dispersion. *J. Soil Sci.*, 25 : 1-8.

WEY J., SIBAND P., OLIVER R., EGOUMENIDES C., GANRY F., 1987.

Essai de régénération d'un sol de la zone arachidière du Centre-Nord du Sénégal. *L'Agron. Trop.*, 42 (4) : 258-267.

WOODS L. S., SCHUMANN G.E., 1988.

Cultivation and slope position effects on soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52 : 1371-1376.

ZHANG H., THOMPSON M.L., SANDER J.A., 1988.

Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated Argiudolls and Hapludalfs derived from loess. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52 : 216-222.

ANNEXES

ANNEXE 1. PLUVIOMETRIE PENTADAIRE DE LA
STATION DE SARIA. ANNEE 1990.
Hauteur d'eau en millimètres.

	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
1ère pentade	0	20.0	15.1	17.0	3.0	8.0
2ème	31.0	1.0	9.5	38.0	6.7	0
3ème	0	19.5	38.0	70.0	43.0	0
4ème	1.0	8.7	25.6	68.2	17.0	0
5ème	24.0	18.0	39.6	11.0	0	0
6ème	8.7	6.0	38.8	15.5	10.2	0
TOTAL	64.7	73.2	166.6	220.4	79.9	8.0

ANNEXE 2. EFFET DES SYSTÈMES DE CULTURE PAYSANS SUR LE RENDEMENT ET COMPOSANTES DU RENDEMENT DE LA CULTURE DU SORGHO. ANNÉE 1990. VILLAGES DE NANDIALA ET VILI. RÉSULTATS PAR PARCELLE.

S I T	N°	NOM	Nbre Pani- cules /ha	Nbre Grains /m ²	Poids moyen du grain (mg)	Paille (kg/ha)	Grain (kg/ha)	Biomasse aérienne (kg/ha)	Grain/ Paille (p.c)
1	1	MOU	40950	1681	24.09	1750	405	2445	23
	2	AN	78950	1912	21.71	4100	415	4879	10
	3	SIN	63700	1607	24.27	1800	390	2390	22
	4	YEM	78400	3271	24.46	4600	800	5800	17
2	1	ETW	26950	2361	22.24	1425	525	2110	37
	2	ETS	50300	2462	21.53	2025	530	2770	26
	3	AL	85550	3578	22.08	2725	790	3785	29
	4	WS	47300	1452	21.01	1025	305	1510	30
	5	ETN	72750	3167	23.05	3150	730	4130	23
3	1	YN	46250	4897	25.32	3650	1240	5340	34
	2	WE	77650	3833	22.83	3750	875	5057	23
	3	BAG	50250	1247	21.25	1150	265	1655	23
	4	RAW	126000	3643	21.96	2575	800	3800	31
	5	WW	24900	3590	24.65	3050	885	4275	29
	6	ER	68000	2951	24.57	2000	725	3000	36
	7	YV	59000	2482	19.54	2325	485	3087	21
	8	RS	65800	3461	22.25	3150	770	4350	24
	9	SOB	56900	4257	22.55	3650	760	4970	26
	10	IN	29050	2608	22.62	1575	590	2605	37
4	1	YS	42600	1362	20.92	725	285	1125	39
	2	BOM	42800	1552	20.29	800	315	1250	39
	3	RAE	84000	2779	21.77	1675	605	2537	36
	4	RN	52500	1145	20.08	1050	230	1430	22
	5	IS	49350	2919	22.10	1900	645	2975	34
5	1	GE	105300	3578	20.82	2325	745	3420	32
	2	PAW	78650	4586	21.37	2775	980	4192	35
	3	JV	-	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 3. GRANULOMETRIE : RESULTATS EN POUR-CENT
HORIZON 0-20cm

S I T	P A R	NOM	A+LF+LG (0-50 μ)	SF (50-200 μ)	SG (200-2000 μ)
1	1	MOU	39.31	28.01	32.68
	2	AN	40.50	25.14	34.36
	3	SIN	40.56	29.94	29.50
	4	YEM	47.10	26.63	26.27
2	1	ETW	32.90	17.54	48.56
	2	ETS	35.77	20.35	43.88
	3	AL	36.99	14.56	48.45
	4	WS	37.88	18.71	43.41
	5	ETN	41.62	16.97	41.41
3	1	YN	26.80	32.97	40.23
	2	WE	28.34	32.14	39.52
	3	BAG	31.71	25.39	42.90
	4	RAW	32.08	17.86	50.06
	5	WW	33.10	31.34	35.56
	6	ER	34.63	16.31	49.06
	7	YV	37.10	17.46	45.44
	8	RS	43.20	31.17	25.63
	9	SOB	46.62	27.39	25.99
	10	IN	60.03	24.71	15.26
4	1	YS	28.62	31.21	40.17
	2	BOM	29.76	15.58	54.66
	3	RAE	34.17	12.63	53.20
	4	RN	43.16	30.64	26.20
	5	IS	58.60	21.03	20.37
5	1	GE	32.52	22.66	44.82
	2	PAW	39.81	16.06	44.13
	3	JV	51.82	23.68	24.50

ANNEXE 4. EFFET DES SYSTÈMES DE CULTURE SUR LE pH. RÉSULTATS
PAR PARCELLE.

S I T	P A R	NOM	PHeau	PHkcl
1	1	MOU	6.45	6.04
	2	AN	6.71	6.08
	3	SIN	6.71	6.32
	4	YEM	6.48	6.24
2	1	ETW	6.43	5.33
	2	ETS	6.18	4.38
	3	AL	6.82	6.15
	4	WS	6.40	5.11
	5	ETN	5.80	4.34
3	1	YN	6.68	6.63
	2	WE	6.68	6.64
	3	BAG	6.12	5.47
	4	RAW	6.51	5.98
	5	WW	7.20	6.34
	6	ER	6.61	5.80
	7	YV	6.58	4.94
	8	RS	6.47	5.00
	9	SOB	6.17	5.93
	10	IN	6.65	5.25
4	1	YS	6.55	4.88
	2	BOM	5.00	4.31
	3	RAE	6.00	4.98
	4	RN	5.83	4.48
	5	IS	6.75	5.64
5	1	GE	5.50	4.86
	2	PAW	5.85	5.24
	3	JV	6.47	5.44

ANNEXE 5. EFFET DES SYSTÈMES DE CULTURE SUR LA MATIÈRE ORGANIQUE ET LE PHOSPHORE. HORIZON 0-20 cm.
RÉSULTATS PAR PARCELLE.

S I T	P A R	NOM	C (mg/g sol)	N (mg/kg sol)	P.tot (mg/kg sol)	P.ass (mg/kg sol)	C/N
1	1	MOU	7.72	498	850	0.48	15
	2	AN	8.11	616	870	0.63	13
	3	SIN	8.07	622	925	0.55	13
	4	YEM	10.50	756	1100	0.64	14
2	1	ETW	4.50	336	548	0.45	13
	2	ETS	5.69	442	950	0.62	13
	3	AL	6.84	493	950	0.28	14
	4	WS	6.63	543	1425	0.30	12
	5	ETN	6.64	504	1060	1.10	13
3	1	YN	5.76	594	873	0.60	10
	2	WE	5.71	414	750	0.84	14
	3	BAG	5.34	353	750	0.90	15
	4	RAW	5.00	375	673	0.31	13
	5	WW	5.69	442	898	0.85	13
	6	ER	4.86	336	698	0.37	14
	7	YV	4.86	291	523	0.33	17
	8	RS	4.67	375	800	0.32	12
	9	SOB	6.17	526	975	0.48	12
	10	IN	6.17	437	1125	0.19	14
4	1	YS	2.91	308	750	0.20	10
	2	BOM	2.63	207	473	0.42	12
	3	RAE	3.53	258	423	0.35	13
	4	RN	4.21	386	825	0.30	11
	5	IS	4.74	437	950	0.31	11
5	1	GE	4.65	308	498	0.30	15
	2	PAW	6.17	442	750	0.26	14
	3	JV	7.42	530			14

ANNEXE 6. EFFET DES SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS SUR LE COMPLEXE ABSORBANT. RÉSULTATS PAR PARCELLE.

S I T	P A R	NOM	CEC mē/100g	Ca mē/100g	Mg mē/100g	K mē/100g	SBE mē/100g	SBE/CEC (x100)
1	1	MOU	6.10	2.22	0.68	0.20	3.10	51
	2	AN	5.20	1.87	0.52	0.18	2.57	49
	3	SIN	2.60	0.87	0.30	0.14	1.31	50
	4	YEM	6.20	3.76	0.63	0.22	4.61	74
2	1	ETW	2.99	0.82	0.19	0.10	1.10	37
	2	ETS	2.75	1.14	0.26	0.10	1.50	55
	3	AL	3.25	1.86	0.38	0.14	2.38	73
	4	WS	6.30	1.72	0.43	0.08	2.23	35
	5	ETN	2.18	1.35	0.27	0.10	1.72	79
3	1	YN	5.60	2.59	0.67	0.24	3.50	63
	2	WE	4.60	1.81	0.34	0.18	2.33	51
	3	BAG	6.40	2.08	0.32	0.08	2.48	39
	4	RAW	3.62	1.31	0.31	0.10	1.72	48
	5	WW	4.80	1.81	0.33	0.20	2.34	49
	6	ER	2.39	0.97	0.23	0.10	1.30	54
	7	YV	2.22	0.77	0.22	0.06	1.05	47
	8	RS	3.60	1.38	0.37	0.20	1.95	54
	9	SOB	4.00	2.07	0.46	0.14	2.67	67
	10	IN	7.10	3.18	0.64	0.08	3.90	55
4	1	YS	4.20	1.22	0.25	0.12	1.59	38
	2	BOM	2.34	0.65	0.08	0.06	0.79	34
	3	RAE	2.64	1.11	0.24	0.06	1.41	53
	4	RN	5.10	1.03	0.37	0.16	1.56	31
	5	IS	7.10	3.18	0.64	0.08	3.90	55
5	1	GE	2.86	1.04	0.29	0.06	1.39	49
	2	PAW	2.00	0.74	0.27	0.08	1.09	55
	3	JV	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 7. EFFET DES SYSTEMES DE CULTURE SUR LE TAUX DE SATURATION
DU COMPLEXE ABSORBANT EN BASES ET SUR LA BALANCE CATIONIQUE.

S I T	N°	NOM	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K
			CEC	CEC	CEC	Ca+Mg+K	Ca+Mg+K	Ca+Mg+K
			(x100)	(x100)	(x100)	(x100)	(x100)	(x100)
1	1	MOU	36.39	11.15	3.28	71.6	21.9	6.5
	2	AN	35.96	10.00	3.46	72.8	20.2	7.0
	3	SIN	33.46	11.54	5.38	66.4	23.0	10.6
	4	YEM	60.65	10.16	3.55	81.6	13.7	4.7
2	1	ETW	27.42	6.35	3.34	74.5	17.3	9.1
	2	ETS	41.45	9.45	3.64	76.0	17.3	6.7
	3	AL	57.23	11.69	4.31	78.2	16.0	5.8
	4	WS	27.30	6.83	1.27	77.1	19.3	3.6
	5	ETN	61.93	12.39	4.59	78.5	15.7	5.8
3	1	YN	46.25	11.96	4.29	74.0	19.1	6.9
	2	WE	39.35	7.39	3.91	77.7	14.6	7.7
	3	BAG	32.50	5.00	1.25	83.9	12.9	3.2
	4	RAW	36.19	8.56	2.76	76.2	18.0	5.8
	5	WW	37.71	6.88	4.17	77.4	14.1	8.5
	6	ER	40.59	9.62	4.18	74.6	17.7	7.7
	7	YV	34.68	9.91	2.70	73.3	21.0	5.7
	8	RS	38.33	10.28	5.56	70.8	18.9	10.3
	9	SOB	51.75	11.50	3.50	77.5	17.2	5.2
	10	IN	44.79	9.01	1.13	81.5	16.4	2.1
4	1	YS	29.00	5.95	2.86	76.7	15.7	7.5
	2	BOM	27.78	3.42	2.56	82.3	10.1	7.6
	3	RAE	42.05	9.09	2.27	78.7	17.0	4.3
	4	RN	20.20	7.25	3.14	66.0	23.7	10.3
	5	IS	48.35	12.75	3.52	74.8	19.7	5.5
5	1	GE	36.36	10.14	2.10	74.8	20.9	4.3
	2	PAW	37.00	13.50	4.00	67.9	24.8	7.3
	3	JV	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 8. ANALYSE FACTORIELLE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Annexe 8 a. Descriptif des variables

	Variable	Moyenne	Ecart-type	minimum	Maximum
Variables actives	Argile+Limon	38.188	8.276	26.80	60.03
	Carbone total	5.683	1.708	2.63	10.50
	Azote total	434.577	126.636	207.00	756.00
	Phosph.total	823.539	227.436	423.00	1425.00
	Somme B.E.	2.134	0.998	0.79	4.61
	CEC	4.159	1.667	2.00	7.10
Variables supplémentaires	Rdt grain	627	259	230	1240
	Rdt paille	2336	1068	725	4600
	Nombre Gr/m ²	2784	1070	1145	4897
	P.du grain	22.28	1.53	19.54	25.32

NB. Les unités des variables

Argile + Limon (0-50 μ m) : en pour-cent

Carbone : en mg/g de sol

Azote : en mg/kg de sol

Phosphore total : en mg/kg de sol

Somme des bases échangeables : en mé/100 g de sol

Capacité d'échange cationique : en mé/100 g de sol

Rendement-Paille de sorgho : en kg/ha

Rendement-Grain de sorgho : en kg/ha

Poids du grain (P1G) : en mg

Annexe 8 b. Valeurs propres

	Valeur propre	pour-cent	pourcentage cumulé
1	3.816	63.60	63.6
2	1.011	16.84	80.44
3	0.644	10.73	91.17
4	0.371	6.19	97.36
5	0.101	1.68	99.03
6	0.058	0.97	100.00

Annexe 8 c. Vecteurs propres

	FACTEUR 1		FACTEUR 2		FACTEUR 3		FACTEUR 4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Argile+limon	-0.3248	10.55	0.3554	12.63	0.8396	70.48	-0.1979	3.92
Carbone	-0.4113	16.92	-0.5203	27.07	0.0033	0.00	-0.3503	12.27
Azote	-0.4427	19.60	-0.4552	20.72	-0.0869	0.75	-0.0675	0.46
Phosp.Tot.	-0.4328	18.73	-0.0971	0.94	0.1253	1.57	0.8368	70.03
Somme B.E.	-0.4468	19.97	0.3112	9.68	-0.2737	7.49	-0.3536	12.51
CEC	-0.3774	14.24	0.5381	28.96	-0.4439	19.70	0.0904	0.82
Total		100		100		100		100

Colonne A : coordonnées des vecteurs propres (coefficient des variables centrées réduites dans l'équation linéaire des axes principaux)

Colonne B : part (en pour-cent) de la variable dans la construction du facteur (coordonnées² x 100)

Annexe 8 d. Coordonnées des variables sur les premiers axes factoriels

		QLT	FACTEUR 1		FACTEUR 2		FACTEUR 3		FACTEUR 4	
			A	B	A	B	A	B	A	B
Variables actives	Argile+Limon	99.8	-0.6344	40.24	0.3573	12.76	0.6736	45.37	-0.1206	1.45
	Carbone	96.5	-0.8035	64.56	-0.5230	27.35	0.0027	0.00	-0.2135	4.56
	Azote	96.4	-0.8648	74.78	-0.4576	20.94	-0.0697	0.49	-0.0411	0.17
	Phosph.Total	99.4	-0.8454	71.46	-0.0976	0.95	0.1005	1.01	0.5100	26.01
	Somme B.E.	95.4	-0.8729	76.19	0.3128	9.79	-0.2195	4.82	-0.2155	4.64
	CEC	96.6	-0.7372	54.35	0.5410	29.26	-0.3561	12.68	0.0551	0.30
	TOTAL/100			3.82		1.01		0.64		0.37
Variables Supplémentaires	Grain	13.6	-0.145	2.10	-0.208	4.33	-0.079	0.62	-0.255	6.51
	Paille	53.0	-0.421	17.76	-0.423	17.91	-0.091	0.83	-0.406	16.46
	NGR/m ²	11.3	-0.074	0.54	-0.193	3.72	-0.004	0.00	-0.264	6.99
	P1G	39.3	-0.468	21.87	-0.282	7.97	-0.240	5.74	-0.193	3.72
	Total/100					0.34		0.07		0.34

Colonne A : coordonnées des variables sur les axes = corrélations entre les variables et les axes principaux

Colonne B : 100 x coordonnée² (pourcentage de la variabilité de la variable expliquée par le facteur)

QLT : qualité de la représentation d'une variable sur les axes sélectionnés (somme sur ces facteurs de la colonne B)

Annexe 8 e. Coordonnées des individus sur les premiers axes factoriels

	INR	QLT	FACTEUR 1		FACTEUR 2		FACTEUR 3		FACTEUR 4	
			A	B	A	B	A	B	A	B
1	27	92.4	-1.711	70.49	0.118	0.34	-0.706	12.00	-0.630	9.55
2	32	93.2	-1.865	70.07	-0.857	14.79	-0.261	1.37	-0.588	6.97
3	40	95.6	-0.810	10.55	-2.144	73.90	0.830	11.07	-0.067	0.07
4	165	99.8	-4.823	90.63	-0.946	3.48	-0.384	0.57	-1.144	5.10
5	30	98.5	2.130	96.39	-0.096	0.20	-0.029	0.02	-0.295	1.85
6	10	96.8	0.438	12.17	-0.856	46.43	0.376	8.95	0.679	29.27
7	9	83.5	-0.592	24.79	-0.902	57.55	0.087	0.53	0.091	0.59
8	65	98.3	-2.312	53.01	-0.232	0.53	-0.376	1.40	2.091	43.39
9	23	95.1	-0.433	5.22	-1.287	46.21	1.094	33.39	0.606	10.24
10	41	87.5	-1.183	21.91	-0.220	0.76	-2.035	64.76	-0.053	0.04
11	11	97.6	0.412	9.88	-0.125	0.90	-1.220	86.46	-0.076	0.34
12	21	88.8	0.102	0.32	1.001	31.12	-1.360	57.40	-0.003	0.00
13	11	100	1.230	88.73	-0.080	0.38	-0.413	10.01	-0.121	0.86
14	5	98.3	-0.211	6.30	-0.008	0.01	-0.721	73.68	0.359	18.28
15	21	98.2	1.729	91.17	-0.332	3.35	0.342	3.57	0.045	0.06
16	39	98.7	2.283	86.23	-0.118	0.23	0.647	6.92	-0.566	5.31
17	7	96.9	0.520	23.66	0.520	23.72	0.748	49.06	0.069	0.42
18	16	91.9	-1.285	66.64	-0.065	0.17	0.788	25.07	0.009	0.00
19	100	99.4	-3.072	60.32	2.194	30.78	1.136	8.25	0.020	0.00
20	36	98.5	1.897	64.38	0.779	10.85	-0.807	11.65	0.805	11.60
21	86	99.9	3.612	97.70	0.540	2.18	-0.046	0.02	0.038	0.01
22	55	99.7	2.778	90.17	0.584	3.99	0.093	0.10	-0.681	5.42
23	13	77.7	0.378	7.23	0.980	48.56	0.451	10.30	0.478	11.57
24	86	99.0	-2.324	40.14	2.652	52.28	0.887	5.85	-0.303	0.68
25	34	99.7	2.203	92.50	0.014	0.00	-0.122	0.28	-0.601	6.89
26	20	99.4	0.907	26.37	-1.118	40.07	1.000	32.09	-0.163	0.86
			13.07		4.93		5.15		1.69	

Colonne A : coordonnées des individus sur les axes
 Colonne B : coordonnées² (cosinus carrés)
 QLT : qualité de la représentation de l'individu sur les axes
 sélectionnés (somme sur ces facteurs des cosinus carrés)
 INR : inertie relative de l'individu (x 1000)

ANNEXE 9. EFFET DES SYSTEMES DE CULTURE SUR LES TENEURS EN
 CARBONE DES FRACTIONS (en mg C/g DE LA FRACTION).
 RÉSULTATS PAR PARCELLE.

N° sit.	N° parc.	NOM	FO-50	F50-200	F200-2000
1	1	OU	13.54	4.98	3.83
	2	AN	13.07	5.98	5.36
	3	SIN	13.54	3.99	5.55
	4	YEM	17.95	5.59	4.79
2	1	ETW	8.87	2.49	2.10
	2	ETS	10.74	3.49	2.87
	3	AL	12.60	5.98	2.68
	4	WS	11.56	4.97	2.33
	5	ETN	11.20	4.98	3.45
3	1	YN	17.56	3.99	0.78
	2	WE	16.39	3.99	2.29
	3	BAG	9.53	2.99	1.55
	4	RAW	10.74	4.98	1.91
	5	WW	12.60	2.49	2.68
	6	ER	8.53	3.99	1.94
	7	YV	9.53	2.99	1.36
	8	RS	9.80	2.49	1.72
	9	SOB	11.80	3.49	3.45
	10	IN	8.30	3.99	2.87
4	1	YS	6.52	1.00	0.97
	2	BOM	7.07	1.50	0.76
	3	RAE	7.00	3.49	1.14
	4	RN	7.94	1.50	2.10
	5	IS	6.32	2.49	2.50
5	1	GE	11.48	1.99	1.34
	2	PAW	13.97	5.99	1.20
	3	JV	9.53	4.98	5.25

ANNEXE 10 . EFFET DES SYSTÈMES DE CULTURE PAYSANS SUR LES
CONTENUS EN CARBONE DES FRACTIONS (EN mg C/g de
SOL) . RÉSULTATS PAR PARCELLE.

N° sit.	N° parc.	Nom parc.	FO-50	F50-200	F200-2000	F50-200+ F200-2000
1	1	MOU	4.68	1.49	1.38	2.87
	2	AN	4.32	1.67	2.06	3.73
	3	SIN	4.84	1.27	1.78	3.05
	4	YEM	5.87	1.69	1.75	3.44
2	1	ETW	2.93	0.44	1.03	1.47
	2	ETS	3.65	0.56	1.40	1.96
	3	AL	4.56	0.96	1.27	2.23
	4	WS	4.13	1.10	0.97	2.07
	5	ETN	4.05	1.10	1.41	2.51
3	1	YN	4.16	0.79	0.44	1.23
	2	WE	3.23	1.05	1.22	2.27
	3	BAG	2.88	0.79	0.66	1.45
	4	RAW	2.83	0.93	1.04	1.97
	5	WW	3.70	1.07	0.70	1.77
	6	ER	2.67	0.74	0.97	1.71
	7	YV	3.59	0.54	0.60	1.14
	8	RS	3.04	0.95	0.51	1.46
	9	SOB	3.79	1.38	0.94	2.32
	10	IN	4.43	1.25	0.41	1.66
4	1	YS	1.80	0.34	0.36	0.70
	2	BOM	1.91	0.25	0.43	0.68
	3	RAE	2.26	0.47	0.61	1.08
	4	RN	2.96	0.65	0.41	1.05
	5	IS	3.43	0.65	0.48	1.13
5	1	GE	3.32	0.48	0.62	1.10
	2	PAW	3.84	0.98	0.67	1.65
	3	JV	3.74	1.63	1.46	3.09

ANNEXE 11. EFFET DES SYSTÈMES DE CULTURE PAYSANS SUR LES
PROPORTIONS RELATIVES DU CARBONE DES FRACTIONS.
RÉSULTATS PAR PARCELLE.

S I T	N° parc.	NOM parc.	Carbone exprimé en p.c. du total			
			FO-50 (FOM)	F50-200 (FVF)	F200-2000 (FVG)	F50-200 + F200-2000
1	1	MOU	61.99	19.73	18.28	38.01
	2	AN	53.66	20.75	25.59	46.34
	3	SIN	61.34	16.10	22.56	38.66
	4	YEM	63.05	18.15	18.80	36.95
2	1	ETW	66.59	10.00	23.41	33.41
	2	ETS	65.06	9.98	24.96	34.94
	3	AL	67.16	14.14	18.70	32.84
	4	WS	66.61	17.74	15.65	33.39
	5	ETN	61.74	16.77	21.49	38.26
3	1	YN	77.18	14.66	8.16	22.82
	2	WE	58.73	19.09	22.18	41.27
	3	BAG	66.51	18.24	15.24	33.48
	4	RAW	58.96	19.37	21.67	41.04
	5	WW	67.64	19.56	12.80	32.36
	6	ER	60.96	16.89	22.15	39.04
	7	YV	75.90	11.42	12.68	24.10
	8	RS	67.56	21.11	11.33	32.44
	9	SOB	62.03	22.59	15.38	37.97
	10	IN	72.74	20.53	6.73	27.26
4	1	YS	72.00	13.60	14.40	28.00
	2	BOM	73.75	9.65	16.60	26.25
	3	RAE	67.66	14.07	18.26	32.33
	4	RN	73.82	16.20	9.98	26.18
	5	IS	75.22	14.25	10.53	24.78
5	1	GE	75.11	10.86	14.03	24.89
	2	PAW	70.00	17.80	12.20	30.00
	3	JV	54.76	23.86	21.38	45.24

ANNEXE 12. QUANTITÉS DE C-CO₂ DÉGAGÉ PAR JOUR PAR LES SOLS NON FUMIGÉS (en mgC-CO₂/100g de sol sec)

Jours	PAW (C3)	GE (C5)	ER	ETW	WE	BAG
1	0.56	0.38	0.40	0.40	0.46	0.42
2	0.46	0.32	0.28	0.32	0.44	0.24
3	0.28	0.24	0.22	0.34	0.28	0.22
4	0.44	0.20	0.18	0.18	0.24	0.24
5	0.40	0.20	0.26	0.24	0.26	0.26
6	0.30	0.24	0.25	0.19	0.26	0.20
7	0.20	0.20	0.22	0.12	0.28	0.12
8	0.33	0.21	0.21	0.17	0.26	0.16
9	0.33	0.21	0.21	0.17	0.26	0.16
10	0.24	0.20	0.19	0.17	0.24	0.19
11	0.24	0.20	0.19	0.17	0.24	0.19
12	0.26	0.26	0.16	0.18	0.25	0.14
13	0.26	0.26	0.16	0.18	0.25	0.14
14	0.27	0.23	0.21	0.18	0.30	0.14
15	0.27	0.23	0.21	0.18	0.30	0.14
16	0.25	0.20	0.17	0.16	0.25	0.12
17	0.25	0.20	0.17	0.16	0.25	0.12
18	0.19	0.20	0.21	0.16	0.25	0.09
19	0.19	0.20	0.21	0.16	0.25	0.09
20	0.19	0.15	0.13	0.13	0.18	0.08
21	0.19	0.15	0.13	0.13	0.18	0.08

ANNEXE 13. QUANTITÉS DE C-CO₂ DÉGAGÉ PAR JOUR PAR LES SOLS FUMIGÉS (en mgC-CO₂/100g de sol sec)

JOUR	PAW (C3)	GE (C5)	ER	ETW	WE	BAG
1	4.82	3.50	1.96	2.48	2.94	1.98
2	1.88	2.22	1.46	1.52	2.32	0.88
3	0.88	0.84	0.78	0.60	0.96	1.10
4	0.94	0.58	0.58	0.42	0.70	0.74
5	0.94	0.64	0.60	0.48	0.62	0.74
6	0.78	0.52	0.58	0.40	0.56	0.56
7	0.66	0.48	0.40	0.28	0.51	0.36
8	0.65	0.43	0.37	0.29	0.44	0.37
9	0.65	0.43	0.37	0.29	0.44	0.37
10	0.44	0.38	0.25	0.23	0.32	0.26
11	0.44	0.38	0.25	0.23	0.32	0.26
12	0.42	0.40	0.25	0.21	0.25	0.23
13	0.42	0.40	0.25	0.21	0.25	0.23
14	0.39	0.39	0.27	0.24	0.36	0.19
15	0.39	0.39	0.27	0.24	0.36	0.19
16	0.30	0.37	0.25	0.23	0.28	0.18
17	0.30	0.37	0.25	0.23	0.28	0.18
18	0.25	0.27	0.22	0.18	0.28	0.14
19	0.25	0.27	0.22	0.18	0.28	0.14
20	0.22	0.24	0.20	0.12	0.23	0.10
21	0.22	0.24	0.20	0.12	0.23	0.10

ANNEXE 14. QUANTITÉS CUMULÉES DE C-CO₂ DÉGAGÉ PAR LES SOLS NON FUMIGÉS (en mgC-CO₂/100g de sol sec)

JOUR	PAW (C3)	GE (C5)	ER	ETW	WE	BAG
1	0.56	0.38	0.40	0.40	0.46	0.42
2	1.02	0.70	0.68	0.72	0.90	0.66
3	1.30	0.94	0.90	1.06	1.18	0.88
4	1.74	1.14	1.08	1.24	1.42	1.12
5	2.14	1.34	1.34	1.48	1.68	1.38
6	2.44	1.58	1.59	1.67	1.94	1.58
7	2.64	1.78	1.81	1.79	2.22	1.70
8	2.97	1.99	2.02	1.96	2.48	1.86
9	3.30	2.20	2.23	2.13	2.74	2.02
10	3.54	2.40	2.42	2.30	2.98	2.21
11	3.78	2.60	2.61	2.47	3.22	2.40
12	4.04	2.86	2.77	2.65	3.47	2.54
13	4.30	3.12	2.93	2.83	3.72	2.68
14	4.57	3.35	3.14	3.01	4.02	2.82
15	4.84	3.58	3.35	3.19	4.32	2.96
16	5.09	3.78	3.52	3.35	4.57	3.08
17	5.34	3.98	3.69	3.51	4.82	3.20
18	5.53	4.18	3.90	3.67	5.07	3.29
19	5.72	4.38	4.11	3.83	5.32	3.38
20	5.91	4.53	4.24	3.96	5.50	3.46
21	6.10	4.68	4.34	4.09	5.68	3.54

ANNEXE 15. QUANTITÉS CUMULÉES DE C-CO₂ DÉGAGÉ PAR LES SOLS FUMIGÉS (en mgC-CO₂/100g de sol sec)

JOUR	PAW (C3)	GE (C5)	ER	ETW	WE	BAG
1	4.82	3.50	1.96	2.48	2.94	1.98
2	6.70	5.72	3.42	4.00	5.26	2.86
3	7.58	6.56	4.20	4.60	6.22	3.96
4	8.52	7.14	4.78	5.02	6.92	4.70
5	9.46	7.78	5.38	5.50	7.54	5.44
6	10.24	8.30	5.96	5.90	8.10	6.00
7	10.90	8.78	6.36	6.18	8.61	6.36
8	11.55	9.21	6.73	6.47	9.05	6.73
9	12.20	9.64	7.10	6.76	9.49	7.10
10	12.64	10.02	7.35	6.99	9.81	7.36
11	13.08	10.40	7.60	7.22	10.13	7.62
12	13.50	10.80	7.85	7.43	10.38	7.85
13	13.92	11.20	8.10	7.64	10.63	8.08
14	14.31	11.59	8.37	7.88	10.99	8.27
15	14.70	11.98	8.64	8.12	11.35	8.46
16	15.00	12.35	8.89	8.35	11.63	8.64
17	15.30	12.72	9.14	8.58	11.91	8.82
18	15.55	12.99	9.36	8.76	12.19	8.96
19	15.80	13.26	9.58	8.94	12.47	9.10
20	16.02	13.50	9.78	9.06	12.70	9.20
21	16.24	13.74	9.98	9.18	12.93	9.30

ANNEXE 16. QUANTITÉS CUMULÉES DE C-CO2 DÉGAGÉ PAR LES SOLS NON FUMIGÉS (en pourcentage du Carbone total du sol)

JOUR	PAW (C3)	GE (C5)	ER	ETW	WE	BAG
1	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08
2	0.17	0.15	0.14	0.16	0.16	0.12
3	0.21	0.20	0.19	0.24	0.21	0.16
4	0.28	0.25	0.22	0.28	0.25	0.21
5	0.35	0.29	0.28	0.33	0.29	0.26
6	0.40	0.34	0.33	0.37	0.34	0.30
7	0.43	0.38	0.37	0.40	0.39	0.32
8	0.48	0.43	0.42	0.44	0.43	0.35
9	0.53	0.47	0.46	0.47	0.48	0.38
10	0.57	0.52	0.50	0.51	0.52	0.41
11	0.61	0.56	0.54	0.55	0.56	0.45
12	0.65	0.62	0.57	0.59	0.61	0.48
13	0.70	0.67	0.60	0.63	0.65	0.50
14	0.74	0.72	0.65	0.67	0.70	0.53
15	0.78	0.77	0.69	0.71	0.76	0.55
16	0.82	0.81	0.72	0.74	0.80	0.58
17	0.87	0.86	0.76	0.78	0.84	0.60
18	0.90	0.90	0.80	0.82	0.89	0.62
19	0.93	0.94	0.85	0.85	0.93	0.63
20	0.96	0.97	0.87	0.88	0.96	0.65
21	0.99	1.01	0.90	0.91	0.99	0.66

ANNEXE 17. QUANTITÉS CUMULÉES DE C-CO₂ DÉGAGÉ PAR LES SOLS FUMIGÉS (en pourcentage du Carbone total du sol)

JOUR	PAW (C3)	GE (C5)	ER	ETW	WE	BAG
1	0.78	0.75	0.40	0.55	0.51	0.37
2	1.09	1.23	0.70	0.89	0.92	0.54
3	1.23	1.41	0.86	1.02	1.09	0.74
4	1.38	1.54	0.98	1.12	1.21	0.88
5	1.53	1.67	1.11	1.22	1.32	1.02
6	1.66	1.78	1.23	1.31	1.42	1.12
7	1.77	1.89	1.31	1.37	1.51	1.19
8	1.87	1.98	1.38	1.44	1.58	1.26
9	1.98	2.07	1.46	1.50	1.66	1.33
10	2.05	2.15	1.51	1.55	1.72	1.38
11	2.12	2.24	1.56	1.60	1.77	1.43
12	2.19	2.32	1.62	1.65	1.82	1.47
13	2.26	2.41	1.67	1.70	1.86	1.51
14	2.32	2.49	1.72	1.75	1.92	1.55
15	2.38	2.58	1.78	1.80	1.99	1.58
16	2.43	2.66	1.83	1.86	2.04	1.62
17	2.48	2.74	1.88	1.91	2.09	1.65
18	2.52	2.79	1.93	1.95	2.13	1.68
19	2.56	2.85	1.97	1.99	2.18	1.70
20	2.60	2.90	2.01	2.01	2.22	1.72
21	2.63	2.95	2.05	2.04	2.26	1.74

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II :

Tableau 1. Variabilité fréquentielle de la pluviométrie annuelle. Période 1970-1987. Station de Saria.

Tableau 2. Variabilité fréquentielle de la pluviométrie mensuelle. Période 1970-1987. Station de Saria.

Chapitre III :

Tableau 3. Teneurs en éléments totaux de quelques amendements organiques

Tableau 4. Stratification du milieu physique

Tableau 5. Caractéristiques principales des situations culturales étudiées

Chapitre V :

Tableau 6. Effet d'apports de matière organique (compost) sur la production du sorgho. Résultats moyens par situation culturale. Année 1990. Villages de Nandiala et Vili.

Tableau 7. Effet d'apports répétés de matière organique (compost) sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols. Résultats moyens par situation culturale. Villages de Nandiala et Vili.

Tableau 8. Effet des restitutions organiques au sol sur les équilibres chimiques.

Tableau 9. Matrice de corrélations entre les variables étudiées (sol et plante).

Chapitre VI :

Tableau 10. Bilan du fractionnement granulométrique du carbone.

Tableau 11. Caractéristiques principales des fractions granulométriques : domaine de variation et moyenne pour l'ensemble de l'échantillon (n = 27).

Tableau 12. Enrichissement en carbone des fractions granulométriques.

Tableau 13. Effet de l'âge de mise en culture sur l'évolution du carbone des fractions granulométriques en l'absence de restitutions organiques au sol.

Tableau 14. Effet d'apports répétés de doses croissantes d'amendements organiques (compost) sur le carbone des fractions granulométriques

Tableau 15. Effet des systèmes de culture sur les quantités de carbone et d'azote de la biomasse microbienne des sols

Tableau 16. Flush mesuré sur les sols fumigés et non fumigés (en mg de carbone par kg de sol sec)

Tableau 17. Moyennes des quantités cumulées de carbone dégagé sous forme de gaz carbonique par les sols non fumigés et les sols fumigés par période de sept jours (en mg C/kg de sol sec)

Tableau 18. Effet des systèmes de culture sur les quantités cumulées de carbone minéralisé (en mg C/kg de sols sec).

LISTE DES CARTES ET FIGURES

Chapitre I :

Carte 1. Situation du Plateau Central du Burkina Faso et localisation du site d'étude (villages de Vili et Nandiala)

Carte 2. Carte des sols du Plateau Central.

Chapitre II :

Carte 3. Carte morphopédologique de reconnaissance de Saria (Burkina Faso)

Figure 1. Variabilité de la pluviométrie annuelle à la station de Saria. Période 1929-1991.

Figure 2. Variabilité de la pluviométrie mensuelle à la station de Saria. Période 1929-1991.

Chapitre IV :

Figure 3. Schéma du fractionnement granulométrique de la matière organique du sol

Chapitre V :

Figure 4. Effet des restitutions organiques au sol sur la production de paille et de grain de sorgho en milieu paysan. Année 1990.

Figure 5. Surplus de rendement-paille et rendement-grain de sorgho dû aux restitutions organiques. Année 1990.

Figure 6. Relation entre le rendement-grain et la composante "nombre de grains/m²"

Figure 7. Relation entre le rendement-grain et la composante "poids moyen du grain"

Figure 8. Relation entre le rendement-grain et la composante "poids moyen du grain"

Figure 9. Effet de la fumure organique sur le carbone et l'azote total du sol. Horizon 0-20 cm.

Figure 10. Effet de la fumure organique sur le phosphore total et le phosphore assimilable du sol. Horizon 0-20 cm.

Figure 11. Effet de la fumure organique sur la capacité d'échange cationique et le taux de saturation du complexe absorbant. Horizon 0-20 cm.

Figure 12. Effet de la fumure organique sur les cations échangeables du sol. Horizon 0-20 cm.

Figure 13. Effet de la fumure organique sur l'acidité du sol. Horizon 0-20 cm.

Figure 14. Cercle des corrélations entre variables dans le plan principal (Plan 1-2).

Figure 15. Projection des individus dans le plan principal (Plan 1-2).

Figure 16. Relation entre certaines caractéristiques chimiques du sol et le carbone total. Horizon 0-20 cm.

Figure 17. Relation entre la production du sorgho (grain, paille, Poids moyen du grain) et la teneur du sol en carbone total. Horizon 0-20 cm.

Chapitre VI :

Figure 19. Relation entre la teneur du sol en argile + limon (pour-cent) et l'"enrichissement" en carbone de la fraction organo-minérale.

Figure 20. Effet de l'âge de mise en culture sur les différentes fractions granulométriques de la matière organique du sol

Figure 21. Effet d'apports de doses croissantes de compost sur les différentes fractions granulométriques de la matière organique du sol

Figure 22. Evolution des quantités journalières de carbone dégagé (sous forme de gaz carbonique) par les sols fumigés et non fumigés

Figure 23. Evolution des quantités cumulées de carbone dégagé (sous forme de gaz carbonique) par jour par les sols fumigés et non fumigés

Figure 24. Effet de l'âge de mise en culture sur le pouvoir minéralisateur du sol (horizon 0-20 cm)

Figure 25. Effet de la fumure organique (compost) sur le pouvoir minéralisateur du sol (horizon 0-20 cm)

Figure 26. Relation entre le carbone total minéralisé en 21 jours et le contenu en carbone de la fraction grossière (F50-200 + F200-2000)

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1.** Pluviométrie pentadaire de la station de saria. Année 1990.
Hauteur d'eau en millimètres.
- Annexe 2.** Effet des systèmes de culture paysans sur le rendement et les
composantes du rendement du sorgho. Année 1990.
- Annexe 3.** Granulométrie (3 fractions) : résultats en pour-cent.
(horizon 0-20cm).
- Annexe 4.** Effet des systèmes de culture paysans sur le pH.
Résultats par parcelle
- Annexe 5.** Effet des systèmes de culture sur la matière organique et le
phosphore. Horizon 0-20 cm.
- Annexe 6.** Effet des systèmes de culture sur le complexe absorbant.
- Annexe 7.** Effet des systèmes de culture paysans sur le taux de saturation en
bases échangeables et la balance cationique.
- Annexe 8.** Analyse factorielle en composantes principales.
- Annexe 8 a.** Descriptif des variables.
- Annexe 8 b.** Valeurs propres.
- Annexe 8 c.** Vecteurs propres.
- Annexe 8 d.** Coordonnées des variables sur les premiers axes
factoriels.
- Annexe 8 e.** Coordonnées des individus sur les premiers axes
factoriels.
- Annexe 9.** Effet des systèmes de culture sur les teneurs en carbone des
fractions granulométriques de la matière organique
(en mg C/g de fraction).

Annexe 10. Effet des systèmes de culture sur les contenus en carbone des fractions granulométriques de la matière organique (en mg C/g de sol).

Annexe 11. Effet des systèmes de culture sur les proportions relatives du carbone contenu dans les différentes fractions granulométriques de la matière organique (en mg C/g de sol).

Annexe 12. Quantités de C-CO₂ dégagé par jour par les sols non fumigés (en mg/100g de sol sec).

Annexe 13. Quantités de C-CO₂ dégagé par jour par les sols fumigés (en mg/100g de sol sec).

Annexe 14. Quantités cumulées de C-CO₂ dégagé par les sols non fumigés (en mg/100g de sol sec).

Annexe 15. Quantités cumulées de C-CO₂ dégagé par les sols fumigés (en mg/100g de sol sec).

Annexe 16. Quantités cumulées de C-CO₂ dégagé par les sols non fumigés (en pour-cent du carbone total du sol).

Annexe 17. Quantités cumulées de C-CO₂ dégagé par les sols fumigés (en pour-cent du carbone total du sol).

SIGLES ET ABREVIATIONS

BUNASOLS : Bureau National des Sols

FO-50 : matière organique associée à la fraction granulométrique de taille comprise entre 0 et 50 μm .

F50-200 : matière organique associée à la fraction granulométrique de taille comprise entre 50 et 200 μm .

F200-2000 : matière organique associée à la fraction granulométrique de taille comprise entre 200 et 2000 μm .

CEC : Capacité d'échange cationique.

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

ESFIMA : Programme de Recherche Eau-Sol-Fertilisation-Irrigation et Machinisme Agricole (IN.E.R.A.).

INERA : Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie.

ISE : Institut des Sciences de l'Environnement

INPL : Institut National Polytechnique de Lorraine

IRAT : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

SBE : Somme des bases échangeables

UCAD : Université Cheikh Anta Diop de DAKAR.

RESUME

Le **Plateau Central** qui représente 34 pour-cents de la superficie du **Burkina Faso**, constitue la zone la plus touchée par la dégradation des ressources naturelles, phénomène attribué à la saturation de l'espace rural par une population essentiellement agricole.

Dans deux terroirs représentatifs de cette zone, des enquêtes ont été conduites en vue de préciser le rôle de la fumure organique dans le cadre des systèmes de culture continue de sorgho largement pratiqués dans cette zone.

Ces travaux font apparaître que, par rapport aux parcelles cultivées sans fumure, les restitutions organiques fréquentes au sol, notamment les apports de composts issus de la transformation des résidus de récolte, permettent d'améliorer le **statut organique**, l'**activité biologique des horizons de surface des sols** et les **rendements des cultures** à la dose généralement employée. Par contre, les **caractères chimiques** tels que l'acidité, les teneurs des sols en phosphore total et assimilable, la capacité d'échange cationique et les teneurs en bases échangeables ne sont sensiblement modifiés qu'à des doses de fumure trois fois plus importantes.

Pour accroître donc de manière durable la production vivrière dans le Plateau Central, il paraît indispensable d'adopter des stratégies permettant de résoudre le problème de la disponibilité et de la qualité de la fumure organique ainsi que celui des carences chimiques des sols.

MOTS-CLES : Burkina Faso, Plateau central, dégradation des sols, systèmes de culture paysans, fumure organique, composts, sorgho.

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	
AVANT-PROPOS	
INTRODUCTION GENERALE	----- 1

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE

CHAPITRE I : <i>les caractéristiques générales</i> <i>du Plateau Central</i>	----- 4
----------------------------------------------------------------------------------------	---------

1. <i>Le climat et la végétation</i>	----- 4
2. <i>La géomorphologie et la pédologie</i>	----- 5
3. <i>La population et les systèmes de production</i>	----- 8

CHAPITRE II : <i>le contexte particulier des terroirs de</i> <i>Vili et Nandiala</i>	----- 10
------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

1. <i>Le milieu physique</i>	----- 10
1.1. <i>La végétation</i>	----- 10
1.2. <i>Le climat</i>	----- 11
1.2.1. <i>La pluviosité</i>	----- 11
1.2.2. <i>Les autres paramètres climatiques</i>	----- 14
1.3. <i>La géologie et la géomorphologie</i>	----- 15
1.4. <i>La morpho-pédologie</i>	----- 16
2. <i>Caractéristiques des exploitations</i> <i>agricoles et des systèmes de culture</i>	----- 18

DEUXIEME PARTIE : DEMARCHE METHODOLOGIQUE

CHAPITRE III : <i>les enquêtes de terrain-choix des situations</i> <i>culturelles</i>	----- 24
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

1. <i>Choix des systèmes de culture</i>	----- 24
1.1. <i>Les caractéristiques propres</i> <i>aux systèmes de culture</i>	----- 24

1.2. Les caractéristiques communes -----	25
2. Passé cultural et suivi des itinéraires techniques -----	27
3. Description des unités de milieu -----	29
3.1. Les unités de la toposéquence de Nandiala -----	29
3.2. Les unités de la toposéquence de Vili -----	30
4. Conclusion : définition des situations culturelles -----	31

**CHAPITRE IV : méthodes d'analyses physico-chimiques
et microbiologiques ----- 36**

1. Prélèvements de sol -----	36
2. Analyses physico-chimiques -----	37
3. Fractionnement granulométrique de la matière organique -----	38
4. Analyses microbiologiques -----	41

**TROISIEME PARTIE : EVALUATION DE LA PRODUCTIVITE DES
SOLS SOUS SYSTEMES DE CULTURE PAYSANS.**

**CHAPITRE V : Effets des restitutions organiques
sur la production du sorgho et les
caractéristiques physico-chimiques
des sols ----- 46**

1. Effet des restitutions organiques sur la production du sorgho -----	46
1.1. Conditions générales de la campagne culturale -----	46
1.2. Résultats -----	47
1.3. Discussions-conclusion -----	56
2. Effet des restitutions organiques sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols -----	60
2.1. Résultats par variable -----	60
2.2. Analyse statistique multivariante -----	72
2.3. Discussions-conclusion -----	79

<u>CHAPITRE VI</u> : effets des systèmes de culture paysans sur le statut organique et les caractéristiques microbiologiques des sols -----	85
1. Effet des systèmes de culture paysans sur le statut organique des sols : caractérisation de la matière organique par fractionnement granulométrique -----	86
1.1. Introduction -----	86
1.2. Caractéristiques générales de la matière organique des fractions granulométriques -----	88
1.3. Effet de l'âge de mise en culture sur l'évolution du carbone des fractions granulométriques -----	96
1.4. Effet d'apports d'amendements organiques sur le carbone des fractions granulométriques -----	100
1.5. Discussions-conclusion -----	100
2. Effet des systèmes de culture paysans sur l'activité microbiologique globale des sols : évaluation de la biomasse microbienne et de l'aptitude des sols à minéraliser -----	105
2.1. Introduction -----	105
2.2. Effet des systèmes de culture sur la biomasse microbienne des sols -----	106
2.3. Effet des systèmes de culture sur l'activité minéralisatrice des sols -----	111
2.3.1. Introduction -----	111
2.3.2. Etude de la cinétique de dégagement de CO ₂ en laboratoire -----	112
2.3.3. Effet de l'âge de mise en culture sur l'aptitude à minéraliser des sols -----	118
2.2.4. Effet d'apport de matière organique au sol sur l'aptitude à minéraliser -----	121

2.2.5. Relation entre l'aptitude des sols à minéraliser et la matière organique des fractions granulométriques de taille supérieure à 50 μm -----	121
2.3.6. Discussions-conclusion -----	124
CONCLUSION GENERALE -----	130
BIBLIOGRAPHIE -----	135
ANNEXE -----	154
LISTE DES TABLEAUX -----	176
LISTE DES CARTES ET DES FIGURES -----	178
LISTE DES ANNEXES -----	181
SIGLES ET ABREVIATIONS -----	183
RESUME -----	184
TABLE DES MATIERES -----	185