

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,  
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

-----  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

-----  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

-----  
INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE  
RECHERCHES AGRICOLES

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

**DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA MATIERE  
ORGANIQUE DANS UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL  
SOUS JACHERE : DISPONIBILITE DES NUTRIMENTS.**

Directeur de Mémoire : Dr NACRO Hassan Bismarck

Maître de Stage : Dr OUATTARA Badiori

Juin 2000

OUEDRAOGO Athanase



# DÉDICACE

De mes parents Gilbert et Cathérine OUEDRAOGO ;

De mes sœurs Brigitte et Noélie ;

De mes frères Christophe, Anatole, Edouard, André et Hervé ;

j'ai toujours eu affection, compréhension,  
considération et assistance multiformes.

A tous, ainsi qu'à tous ceux pour qui le développement du  
monde rural demeure une préoccupation perpétuelle,

Je dédie ce mémoire.

# A V A N T - P R O P O S

Le travail présenté dans ce mémoire est le fruit de l'étroite collaboration entre l'Institut du Développement Rural (I.D.R.) et une structure du Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (C.N.R.S.T.) : l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (I.N.E.R.A.).

C'est un travail auquel ont contribué, par leur critiques enrichissantes, leur commentaires pertinents, leurs conseils et leur encouragements, de nombreux chercheurs du Département de Biologie et Ecologie Végétale de l'Université de Ouagadougou, de l'Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, et des structures du C.N.R.S.T.. Les discussions toujours passionnées nous ont permis de mieux cerner notre propos et d'en préciser la portée.

Nous saisissons ici l'occasion pour adresser nos sincères remerciements au Dr NACRO Hassan Bismarck, notre Directeur de mémoire, pour le choix d'un thème de recherche aussi passionnant et prometteur, ses conseils, sa confiance, sa patience, et sa disponibilité tout au long de notre stage. Les dix mois passés à ses côtés ont été une véritable initiation à la recherche en science du sol. Puisse ce mémoire être l'expression de ses qualités indéniables d'homme de science.

Notre reconnaissance s'adresse également aux professeurs GUINKO Sita, BOLY Amidou, GUENDA Wendegoundi, et KABRE Gustave de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Ouagadougou. Nous voudrions témoigner notre profonde gratitude aux Docteurs SOME N. Antoine, SALAWU Assimi, THIOMBIANO Lamourdia, THIOMBIANO Ardjouma, ZONGO Frédéric, TAONDA J. Baptiste, MANDO Abdoulaye, OUEDRAOGO J. Sibiri, OUEDRAOGO Louis, KAMBIRE Yacinthe.

MM. ZANGRE Adolphe, M'BOUAKA M. Emmanuel et DOULKOUME Guillaume nous ont rassemblé une partie de la bibliographie et nous ont prodigué des conseils. Qu'il trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

Nous ne saurions oublier la contribution précieuse de nos amis MM. SORGHO Hermann, SANOU Dia, ZONGO Gilbert et THIOMBIANO Patrice. La mise en forme du texte est empreinte de leur précieuse participation.

Que ce soit à La station de recherche de l'IN.E.R.A à Kamboinsé, à Saria ou au laboratoire de microbiologie des sols du C.N.R.S.T., il nous a été donné de bénéficier de soutien multiformes :

- Nous voudrions témoigner notre gratitude à M YANKAMBARY Zacharia, responsable technique du laboratoire Sol – Eau – Plante (S.E.P.) de la station de recherche de Kamboinsé, et à travers lui tout le personnel du laboratoire. Nous sommes aussi reconnaissant à MM ZOUGMORE Robert, BILGO Ablassé, YAMEOGO Georges, BONZI Moussa, YOUL Sansan, KABORE Pascal ;
- Nous nous faisons le devoir de partager les résultats avec M OUATTARA Korodjouma, responsable technique du laboratoire de physique des sols de la station de recherche de Saria, et à travers lui tout son personnel, et avec M ILBOUDO Alassane, technicien du laboratoire de microbiologie du C.N.R.S.T.

Que tous reçoivent à travers ce mémoire, toute notre gratitude pour tant d'effort consenti à notre égard.

Nous ne saurions également oublier les braves paysans de Sobaka qui n'ont ménagé aucun effort pour se consacrer à nous au cours de nos lassantes investigations. Nous leur exprimons ici notre reconnaissance.

Mais en définitive, ce mémoire n'aurait probablement jamais vu le jour si LOMPO François Chef des Programmes Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production (G.R.N./S.P.), OUATTARA Badiori Chef du Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de formation de Kamboinsé (C.R.E.A.F.), notre maître de stage, HIEN Victor Coordonnateur National Projet Jachère n'avaient très clairement perçu la problématique écologique des paysages sud-soudaniens du pays. Les moyens logistiques et financiers dégagés pour ce travail, la constante disponibilité, la confiance continuelle et la contribution scientifique dont ces responsables nous ont témoigné tout au long du stage, nous ont été d'un soutien inestimable.

Puisse ce mémoire être un sincère témoignage de leur ferme conviction et engagement perpétuel pour un développement durable du Burkina Faso.

Les travaux entrepris dans le cadre de mémoire ont été financés par The African Academy of Sciences. Nous voudrions témoigner notre très profonde gratitude à cette structure qui soutient et finance les travaux de jeunes chercheurs.



## RESUME

Les travaux entrepris dans ce mémoire s'inscrivent dans la perspective d'une gestion conservatoire des ressources naturelles, et leur but fondamental est de comprendre et d'optimiser les processus bio-géochimiques conduisant à la restauration de la fertilité des sols sous jachère naturelle.

Les résultats montrent que le stade de la jachère exerce une influence sur la distribution des différentes formes (fractions organo-minérales) de matière organique du sol. En dépit du niveau élevé des restitutions organiques, l'essentiel de la matière organique est stocké dans les fractions fines du sol (56 à 65% du carbone, et 65 à 82% de l'azote). Les valeurs des rapports C/N indiquent que ces composées probablement physiquement protégées par adsorption sur les argiles, sont remaniés. L'évolution progressive du contenu organique du sol au cours de la reconstitution de l'écosystème se traduit donc par une évolution régressive de son accessibilité aux micro-organismes.

Il en résulte, pour ce qui est du carbone, une influence des différents états post-cultureux sur la disponibilité de ce nutriment dans les sols. Par contre les processus microbiens de la minéralisation de l'azote ne semblent pas être influencés par les successions végétales post culturales. Du point de vue de la restauration de la fertilité azotée du sol (disponibilité potentielle de l'azote), il faudrait néanmoins un temps de jachère équivalent à 10 ans avant une remise en culture.

Par contre, la contribution des fractions organo-minérales grossières au stock du phosphore assimilable (63 à 84 %) est élevée au cours de la reconstitution de l'écosystème, indiquant que le déstockage du phosphore, lié au métabolisme microbien et/ou à la modification des conditions pédoclimatiques ne s'opérerait qu'après environ 30 ans d'abandon cultural.

**Mots clés :** Jachère, Burkina Faso, Succession végétale, Carbone, Azote, Phosphore, Minéralisation, Biomasse microbienne, matière organique, fractions organo-minérales.

## Liste des Tableaux

- Tableau 1 : Distribution des particules minérales et organo-minérales (g/100 g sol)
- Tableau 2 : Teneurs des sols en carbone, et distribution ( $\mu\text{g C/g sol}$ ) du carbone organique dans les différentes fractions granulométriques.
- Tableau 3 : Teneur des sols en azote total, et distribution ( $\mu\text{g N/g sol}$ ) de l'azote total dans les différentes fractions granulométriques.
- Tableau 4 : Rapports C/N des fractions organo-minérales et du sol non fractionné
- Tableau 5 : Teneur des sols en phosphore assimilable, et distribution ( $\mu\text{g N/g sol}$ ) de l'azote total dans les différentes fractions granulométriques.
- Tableau 6 : Minéralisation (21 jours) du carbone dans les sols incomplets et dans les deux témoins ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol sec}$ )
- Tableau 7 : Contributions (calculées) des fractions à la minéralisation du carbone organique après 21 jours d'incubation ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol sec}$ )
- Tableau 8 : Variation du coefficient de minéralisation du carbone (%) des fractions granulométriques et des témoins, en fonction des stades de jachère.
- Tableau 9 : Accumulation brute de l'azote total dans les sols incomplets et dans les deux témoins ( $\mu\text{g N-/g sol sec}$ )
- Tableau 10 : Accumulation brute de l'azote ammoniacal dans les sols incomplets et dans les deux témoins ( $\mu\text{g N-/g sol sec}$ )
- Tableau 11 : Contributions (calculées) des fractions à la minéralisation du carbone organique après 21 jours d'incubation ( $\mu\text{g N-/g sol sec}$ ).
- Tableau 12 : Variation de la biomasse microbienne ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol sec}$ ) dans les sols incomplets et dans les deux témoins reconstitués.
- Tableau 13 : Variation des contributions (calculées) des fractions granulométriques à la biomasse microbienne ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol sec}$ ) des différents sols.
- Tableau 14 : Effets des différents types d'interactions sur deux organismes partenaires A et B, A étant, cas échéant, le plus avantage.

## **Liste des Cartes**

Carte 1 : Carte géographique et phytogéographique du terroir de Sobaka

Carte 2 : Carte des stades d'évolution de la végétation des jachères

Carte 3 : Carte pédologique du terroir de Sobaka

## Liste des Figures

Figure 1 : Evolution de la pluviosité annuelle de 1989 à 1998 en mm (données de la direction de la météorologie nationale de Ouagadougou)

Figure 2 : Diagramme ombrothermique moyennes mensuelles de 1994 et 1995

Figure 3 : Evolution de l'humidité relative (RH%) et de la température pour la période 1994 – 1995

Figure 4 : Contribution (%) des fractions au stock organique du sol.

Figure 5 : Contribution (%) des fractions au stock d'azote total du sol

Figure 6 : Contribution (%) des fractions au stock du sol en phosphore assimilable.

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
----------------------------	---

## PREMIERE PARTIE: LE CADRE DE L'ETUDE

I : POSITION DU SUJET.....	4
----------------------------	---

1.1. PROBLEMATIQUE GENERALE.....	4
1.2. JACHERE ET DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL.....	5
1.3. FERTILITE DU SOL ET DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE.....	7
1.4. OBJECTIFS.....	9
1.4.1. <i>Objectif general</i> .....	9
1.4.2. <i>Objectifs specifiques</i> .....	9

II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE....	11
--	----

2.1. LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET PHYTOGEOGRAPHIQUE.....	11
2.2. LE CLIMAT.....	11
2.2.1. <i>Pluviosite</i> .....	13
2.2.2. <i>Temperatures</i> .....	14
2.2.3. <i>Humidite Relative</i> .....	15
2.3. LA VEGETATION.....	16
2.4. GEOMORPHOLOGIE ET PEDOLOGIE.....	16
2.5. POPULATION ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUE.....	20

## DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE LA DISTRIBUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

### III. DISTRIBUTION DU CARBONE ORGANIQUE ET DE L'AZOTE TOTAL DANS LES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES DU SOL..... 21

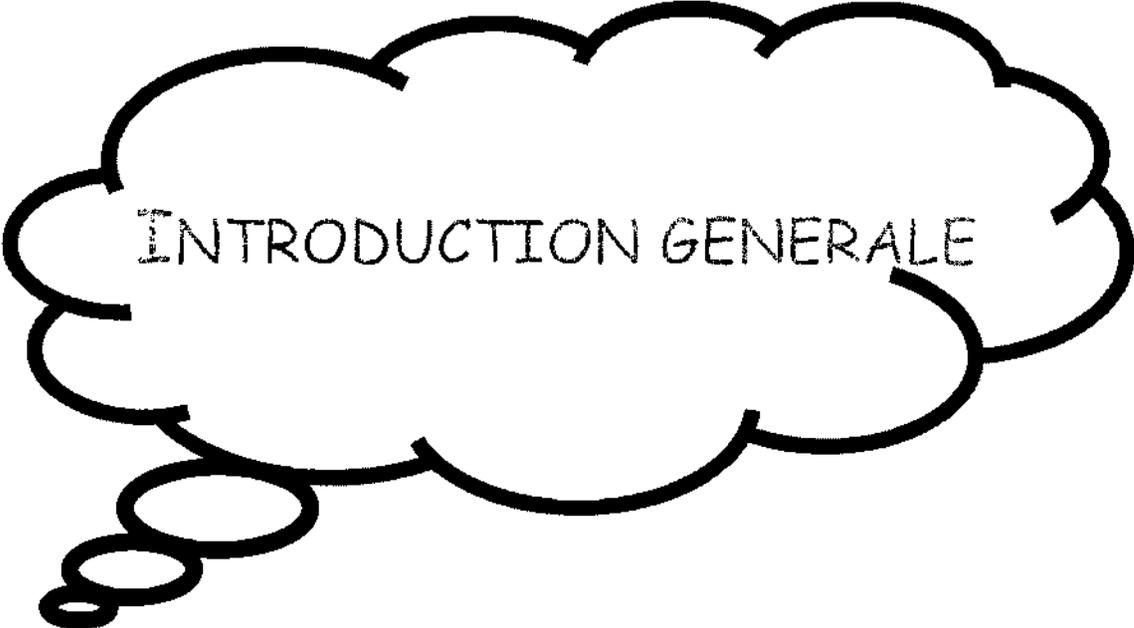
3.1. INTRODUCTION.....	21
3.2. MATERIELS ET METHODES.....	21
3.2.1. <i>Prelevement des echantillons de sol.....</i>	21
3.2.2. <i>Separation des particules minerales et organo-minerales.....</i>	22
3.2.3. <i>Dosage du carbone organique et de l'azote total.....</i>	23
3.3. RESULTATS.....	24
3.3.1. <i>Texture du sol et distribution des particules organo-minerales.....</i>	24
3.3.2. <i>Distribution du carbone organique et de l'azote total dans les fractions granulometriques du sol.....</i>	25
3.4.1. <i>Bilans du fractionnement.....</i>	30
3.4.1.1. Bilan en masse.....	30
3.4.1.2. Bilans en carbone organique et en azote total.....	30
3.4.2. <i>Contribution des fractions au stock de matiere organique du sol.....</i>	31
3.4.3. <i>Rapports c/n des fractions.....</i>	33
3.5. CONCLUSION.....	34

### IV. DISTRIBUTION DU PHOSPHORE ASSIMILABLE DANS LES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES DU SOL..... 35

4.1. MATERIELS ET METHODES.....	35
4.2. RESULTATS.....	36
4.3. DISCUSSIONS.....	38
4.3.1. <i>Bilan en phosphore assimilable.....</i>	38
4.3.2. <i>Contribution des fractions au stock de phosphore assimilable... ..</i>	38
4.4. CONCLUSION.....	39

**TROISIEME PARTIE : ETUDE DE LA DISPONIBILITE BIOLOGIQUE DES NUTRIMENTS**

<b>V. MINERALISATION POTENTIELLE DU CARBONE DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES .....</b>	<b>40</b>
5.1. INTRODUCTION .....	40
5.1. CHOIX DE L'APPROCHE .....	42
5.2. MATERIEL ET METHODES .....	43
5.3. RESULTATS .....	44
5.4. DISCUSSIONS .....	47
5.4.1. <i>Bilan de la mineralisation du carbone .....</i>	<i>47</i>
5.4.2. <i>Mineralisation potentielle du carbone organique des fractions granulometriques du sol .....</i>	<i>48</i>
5.5. CONCLUSION .....	51
<b>VI. MINERALISATION POTENTIELLE DE L'AZOTE DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES .....</b>	<b>52</b>
6.1. INTRODUCTION .....	52
6.2. MATERIEL ET METHODES .....	52
6.3. RESULTATS .....	53
6.4. DISCUSSIONS .....	57
6.4.1. <i>Bilan de la mineralisation de l'azote .....</i>	<i>57</i>
6.4.2. <i>Contribution des fractions a la mineralisation de l'azote .....</i>	<i>58</i>
6.5. CONCLUSION .....	59
<b>VII : ETUDE DE LA VARIATION DE LA BIOMASSE MICROBIENNE ...</b>	<b>60</b>
7.1. INTRODUCTION .....	60
7.2. MATERIEL ET METHODES .....	60
7.3. RESULTATS .....	61
7.4. DISCUSSION .....	64
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>69</b>
<b>ANNEXES</b>	



INTRODUCTION GENERALE

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

En raison de la disparité entre l'accroissement de la population et la production alimentaire, l'intensification de l'exploitation des ressources naturelles dans la zone ouest-africaine au cours de ces dernières décennies a provoqué une rupture de l'équilibre des systèmes de culture itinérante (Hoefsloot *et al.*, 1993), accentuant ainsi le drame désormais bien connu de la réduction ou de la perte de la fertilité des agrosystèmes sahéliens. Chaque année, des milliers d'hectares supplémentaires de sols épuisés deviennent incultes sans que la recherche ait encore trouvé les moyens d'y remédier de façon définitive (Chambers *et al.*, 1994). Les populations qui n'ont d'alternatives que d'empiéter sur les ressources sols marginales, voient leur activité socio-économique de base, l'agriculture, agir de façon à accélérer la saturation des agrosystèmes. Ceux-ci sont aujourd'hui caractérisés par l'augmentation de surfaces cultivées aux dépens des rares jachères existantes (Van Der Pool, 1991 ; Hien *et al.*, 1993 ; Hoefsloot *et al.*, 1993 ; Milleville et Serpantier, 1994 ; Roose, 1994 ; Taonda, 1995 ; Somé, 1996 ; Joet *et al.*, 1998).

Le cas du Burkina Faso, par exemple, est édifiant à ce propos : de 1950 à 1990, le rapport jachère sur champs cultivés est passé de 4 à 1,5 (Mando, 1999, *in* Mando *et al.*, 2000). On a assisté au cours des 50 dernières années, à l'émergence de types de jachères dites jachères dégradées qui représentent en fait des jachères naturelles souvent très anciennes, supportées par des sols ayant atteints un niveau de dégradation tel que l'effet améliorant de l'abandon cultural consécutif s'est révélé insuffisant pour en assurer la reconstitution (Mando *et al.*, 2000). Aussi, compte tenu du rôle prépondérant assigné à la pratique de la jachère par le paysan sahélien dans la *régulation et la stabilisation des milieux constamment perturbés par l'homme* (Zoungrana, 1993), la recherche a eu à focaliser légitimement, il faut l'admettre, ses activités sur les potentialités de reconstitution, le *pouvoir de cicatrisation* (Somé, 1996), des écosystèmes post-cultureux. Les thèmes généralement abordés sont relatifs à :

- la dynamique de la végétation des jachères : ce thème est largement couvert aussi bien par des ouvrages généraux que spécifiques (Ouédraogo, 1985 ; Devineau, 1986 ; Zoungrana, 1991 et 1993 ; Achard, 1993 ; Alexandre, 1993 ; Belem, 1993 ; Dembélé

*et al.*, 1995 ; Somé, 1996 ; Yaméogo, 1997). Ces travaux se rapportent surtout à la reconstitution de la végétation en zones de savanes soudanienne et sud soudanienne du pays.

- L'évolution des stocks organiques totaux dans les sols sous jachère naturelle : des études comparatives effectuées sur divers systèmes de culture indiquent en effet que la réduction de la fertilité des sols consécutivement à leur mise en culture de façon continue, est suivie d'une augmentation de celles-ci en période de jachère naturelle (Hien *et al.*, 1993 ; Sedogo M. P., 1993 ; Taonda, 1995 ; Taonda *et al.*, 1995 ; Somé, 1994 et 1996 ; Yaméogo, 1997 ; Bilgo, 1999).

Le pouvoir de cicatrisation de l'écosystème post-cultural s'exprime par la reconstitution des potentiels biologiques naturels simplifiés ou "détruits" (Somé, 1996). Cette reconstitution des potentiels biologiques se manifeste à la fois par le recouvrement et le remplacement dans les phytocénoses post-culturelles, d'espèces végétales très hétérogènes tant par leur biologie que par leur morphologie, et donc, présentant des contributions différentes dans la constitution du stock organique total du sol (Hoefsloot *et al.*, 1993 ; Somé, 1996). De fortes modifications du niveau et de la qualité des restitutions organiques peuvent ainsi, *via* la biomasse disponible des communautés végétales qui se succèdent dans le temps, être induites au cours des périodes de jachère. Ceci entraîne alors dans le milieu post-cultural, une certaine évolution physique, chimique et biologique du sol (Abbadie, 1990 ; Pieri, 1991 ; Feller *et al.*, 1993 ; Hien *et al.*, 1993 ; Hoefsloot *et al.*, 1993 ; Ramade, 1993 ; Sedogo, 1993 ; Roose, 1994 ; Woome *et al.*, 1994 ; Feller, 1995 ; Feller *et al.*, 1996 ; Hien, 1996 ; Somé, 1996 ; Ouattara *et al.*, 1997 ; Kouakoua, 1998).

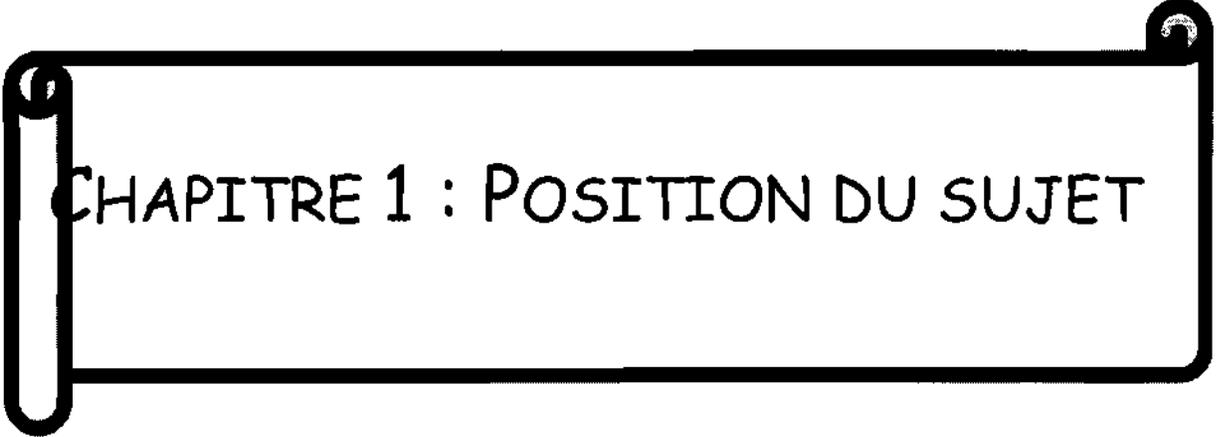
L'étude présentée dans ce mémoire s'inscrit dans ce cadre général, et porte l'analyse à un autre niveau de résolution plus fin, celui de la recherche sur les déterminismes microbiens de la fertilité du sol. Ambitieux, ces travaux se veulent une contribution à l'élucidation des processus microbiens impliqués, et s'inscrivent dans une approche holistique des différents processus biologiques mis en jeu dans la réhabilitation des milieux post-culturels. Ils partent du principe que pour espérer modifier ou optimiser tel ou tel processus, il importe d'en comprendre le fonctionnement et les divers facteurs dont il dérive. Une question vient alors immédiatement à l'esprit : quel processus élucider et pourquoi ?

L'opinion scientifique étant unanime sur l'effet améliorant de la matière organique sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, ce mémoire traitera des liens qui existent entre les différents états de la matière organique et le niveau d'activité des micro-organismes, évalué par leur respiration potentielle et leur potentiel de minéralisation de l'azote.

- La première partie du mémoire est consacrée à la présentation du cadre de l'étude. Elle présente les objectifs poursuivis (Chapitre I) et les caractéristiques géographiques, climatiques et globale pédologiques de la zone d'étude (Chapitre II).
- La deuxième partie traite de la distribution de la matière organique du sol (carbone organique, azote total, phosphore assimilable) à l'échelle de la particule (Chapitres III et IV).
- Dans la troisième sont présentées les activités microbiennes de minéralisation potentielle du carbone (Chapitre V) et de l'azote (Chapitre VI). La dynamique induite des populations de micro-organismes y est également appréciée (chapitre VII). Une conclusion générale (Chapitre VII) rappelle les principaux mécanismes explicatifs de la reconstitution de la fertilité du sol, identifiés dans la zone.

A hand-drawn thought bubble with a thick black outline. The bubble has a main large cloud-like shape and three smaller circles of decreasing size leading to it from the bottom left. The text is centered within the main cloud shape.

PREMIERE PARTIE : LE CADRE DE  
L'ETUDE



CHAPITRE 1 : POSITION DU SUJET

## I: POSITION DU SUJET

### 1.1. Problématique générale

En zone humide comme en zone sèche, la mise en culture des terres entraîne fréquemment une diminution rapide du stock de matière organique (Charreau et Fauck, 1970 ; Charreau et Nicou, 1971 ; Charreau, 1972 ; Siband 1974 ; Roose, 1979a et b ; Greenland 1980) et l'apparition de carences surtout en azote (Pieri 1989), mais aussi en éléments minéraux divers (Juo et Kang 1989). Compte tenu du contexte économique, le recours aux engrais dans les exploitations traditionnelles est faible ou inexistant: pour faire face à la baisse du rendement des cultures, les terres sont "abandonnées" et de nouveaux champs défrichés. Les terres abandonnées seront toutefois remises en culture lorsque l'apparition de certaines espèces herbacées (et leur densité) indiqueront un certain état de restauration de la fertilité du sol.

Ainsi, l'évolution de la jachère naturelle permet en général de distinguer quatre étapes :

- une première étape où la jachère est constituée d'herbacées en majorité annuelles ;
- une deuxième où la jachère est dominée par des graminées pérennes ;
- une troisième étape avec apparition d'espèces sous ligneuses ;
- enfin une quatrième étape marquée par la reconstitution des strates arbustive et arborée.

La lecture paysanne de la fertilité du sol repose sur ces critères visuels mais aussi sur l'aspect du sol (Somé, 1996). L'instauration de périodes de jachères est donc un mode de gestion de la fertilité des sols, une technique de régulation et de stabilisation des milieux constamment perturbés par l'homme (Zoungrana, 1993), de sorte à permettre une reconstitution du stock organique du sol (Piéri, 1989 ; César et Coulibaly, 1991 ; Hien *et al.*, 1993 ; Roose, 1993 ; Taonda, 1995 ; Hien, 1996 ; Somé, 1996 ; Chotte *et al.*, 1997 ; Paniagua *et al.*, 1999). Mais du fait de l'arrangement des particules solides du sol, la matière organique, suivant qu'elle fait office de ciment des constituants minéraux ou qu'elle est plus ou moins

fossilisée dans le système de porosité, se retrouve ainsi physiquement protégée et demeure donc probablement difficilement accessible aux micro-organismes décomposeurs (Christensen, 1987 ; Catroux, 1988 ; Elliott et Coleman, 1988 ; Gregorich *et al.*, 1989 ; Paul et Clark, 1989 ; Van Veen et Kuikman, 1990 ; Beare *et al.*, 1992 et 1995 ; Feller, 1995 ; Dalal et Bridge, 1996 ; Albrecht *et al.*, 1998). En somme, l'organisation spatiale des particules élémentaires du sol peut contrôler la distribution et l'accessibilité physique des composés organiques aux micro-organismes, influençant ainsi plus ou moins fortement l'activité biologique des sols (Paul et Clark, 1989 ; Van Veen et Kuikman, 1990 ; Christensen et Christensen, 1991 ; Feller, 1995 ; Feller *et al.*, 1996 ; Haynes et Beare, 1996 ; Feller et Beare, 1997 ; Zech *et al.*, 1997 ; Lal *et al.*, 1998), et donc la fertilité du sol. La reconstitution de la fertilité d'un sol n'est pas le seul fait d'une accumulation en son sein de fortes quantités de matière organique. L'augmentation du stock organique du sol au cours des successions végétales post-culturelles ne se traduit donc pas forcément par une facile accessibilité des micro-organismes du sol aux composés organiques. Des paramètres interférents comme la distribution et l'accessibilité physique et chimique des composés organiques aux microorganismes y interviennent (Feller, 1995 ; Paton *et al.*, 1995 ; Dalal et Bridge, 1996 ; Feller *et al.*, 1996 ; Haynes et Beare, 1996 ; Albrecht *et al.*, 1998).

C'est pour prendre en compte tous ces aspects dans la reconstitution de la fertilité des sols au cours des périodes de jachère, que nous avons entrepris cette étude sur les systèmes écologiques post-culturels de l'enclave de Sobaka, située dans la forêt classée du Nazinon.

## **1.2. Jachère et dynamique de la matière organique du sol**

De nombreux auteurs ont montré que le stock organique du sol varie en fonction de l'âge de la jachère (Hien *et al.*, 1993 ; Taonda, 1995 ; Taonda *et al.*, 1995 ; Hien, 1996 ; Somé, 1996 ; Ouattara *et al.*, 1997 ; Yaméogo, 1997 ; Bilgo, 1999 ; Paniagua *et al.*, 1999). En effet, l'installation de la jachère se caractérise par deux faits essentiels :

- la succession végétale : passage d'une végétation constituée d'herbacées en majorité annuelles, à la reconstitution des strates arbustive et arborée, en passant par des stades marqués par la domination de graminées annuelles et l'apparition d'espèces sous ligneuses ;

- le mode de dispersion des peuplements végétaux : répartition spatiale, coexistence herbes/arbres, densité des peuplements.

Il est évident qu'avec le changement de la nature de la couverture végétale, le niveau de restitution organique va varier d'un stade de jachère à l'autre (César et Coulibaly, 1991 ; Roose, 1993 ; Somé, 1996 ; Grigal et Berguson, 1998). La dynamique de la matière organique du sol est donc d'abord pilotée par la dynamique de la végétation : la quantité de matière organique présente dans le sol à un moment donné dépend d'une part du niveau des restitutions organiques, mais aussi de l'intensité de l'activité de minéralisation des composés organiques. On peut exprimer la dynamique de la matière organique du sol par l'équation (Henin, 1945, *in* Laudelout, 1960) :

$$dC/dt = A - kC \quad \text{avec:}$$

$dC/dt$ , changement du stock de matière organique dans l'intervalle de temps  $t$ ;

$A$ : quantité de matière organique apportée annuellement;

$k$ , coefficient de décomposition de la matière organique;

$C$ : stock de matière organique présent dans le sol.

Il apparaît alors que pour comprendre la dynamique de la matière organique, il est nécessaire de caractériser correctement les apports ( $A$ ). Le taux de décomposition de la matière organique ( $k$ ) est également un paramètre déterminant la teneur du sol en matière organique : il est fonction des conditions pédoclimatiques pertinentes à l'échelle de la particule (Theng *et al.*, 1989) ; toutefois, le climat ne fait qu'exprimer un potentiel de décomposition, fixé d'abord par la nature chimique des composés organiques, puis par le degré de protection physique qui les affecte (Swift *et al.*, 1979). Si l'on veut mieux comprendre les mécanismes qui président à la restauration de la fertilité au cours de l'installation de la jachère, il est donc nécessaire de se placer à l'échelle de la particule pour caractériser les composés organiques, déterminants majeurs de la fertilité des sols.

### 1.3. Fertilité du sol et dynamique de la matière organique

La signification concrète du terme *fertilité*, entretient encore de nos jours un flou considérable ; les approches synthétiques consacrées à la question se heurtent à des considérations réductrices, de sorte qu'aucune théorie unique, aucun modèle descriptif, explicatif ou prédictif ne peuvent lui être définitivement fournis (Somé, 1996 ). L'école française (Sébillotte *et al.*, 1991), s'affranchissant des synonymies vagues parfois troublantes (richesse chimique, fécondité du sol, etc.) préfère diluer les controverses, et invite à voir dans la *fertilité* une terminologie plus fédératrice : la fertilité d'un sol, est l'expression des interactions entre les constituants fondamentaux du milieu rural (milieu humain, milieu naturel et les modes de gestion des espaces ruraux) pris comme système (Piéri, 1991). Pour notre part, et dans le cadre du présent travail, nous appréhendons la fertilité du triple point de vue physique, chimique et biologique : elle traduit l'aptitude des micro-organismes à décomposer les composés organiques du sol en produisant des éléments minéraux solubles ou gazeux (azote, phosphore, dioxyde de carbone) assimilables par les plantes.

La fertilité du sol dépend donc à court terme de la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes et de l'équilibre minéralisation/immobilisation. A long terme, elle demeure tributaire de la matière organique du sol chimiquement et physiquement stabilisé, et principalement liée aux particules fines du sol. Ainsi, la dynamique de la matière organique dans le sol est un déterminant majeur de sa fertilité ; la structure de la végétation est, comme nous l'avons souligné plus haut, un élément important de cette dynamique.

Les modalités de la décomposition de la matière organique du sol reposent sur deux processus complémentaires, plus ou moins simultanés (Chamayou et Legros, 1989 ; Paul et Clarck, 1989 ; Reid, 1995 ; Duchaufour, 1991 et 1997 ; Nacro, 1997 ; Gobat *et al.*, 1998 ; Lal *et al.*, 1998) : la minéralisation et l'humification. On peut se représenter la minéralisation de la matière organique comme étant le passage progressif des éléments constitutifs des êtres vivants de l'état organique à l'état minéral. Des processus biochimiques interviennent dans la transformation progressive des composées carbonées, sont à l'origine de l'émission dans le milieu édaphique de composés minéraux ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , etc.) dont certains sont réutilisés, aussi bien par les micro-organismes, que par les végétaux (Voroney et Paul, 1984 ; Nicolardot *et al.*, 1986, in Vong *et al.*, 1990 ; Nacro, 1997 ; Gobat *et al.*, 1998). Le second désigne l'accumulation au cours du temps, de molécules organiques ayant plus ou moins

résistées à la minéralisation que l'on regroupe sous le nom d'humus *sensu stricto*. L'humification exprime des processus à la fois très différents, interdépendants et forts complexes, échappant encore à une compréhension claire (Paul et Clark, 1989 ; Reid, 1995 ; Duchaufour, 1991 et 1997 ; Bernier, 1997 ; Cadisch et Giller, 1997 ; Gobat *et al.*, 1998). Néanmoins elle peut être globalement assimilée à un processus d'accumulation, de stockage ou de conservation dans le sol, de métabolites microbiens et/ou de molécules organiques (acides humiques, acides fulviques, humines, protides, glucides, lignine, tanin, etc.) ayant résistées à la minéralisation (Parton *et al.*, 1987 ; Paul et Clark, 1989 ; Jabiol *et al.*, 1995 ; Bernier, 1997 ; Cadisch et Giller, 1997 ; Gobat *et al.*, 1998).

Ce que l'on désigne sous le terme *matière organique du sol* représente donc en fait un ensemble très hétérogène de composés chimiques d'origine végétale, animale ou microbienne (Akroume, 1985 ; Elustondo *et al.*, 1990 ; Balesdent *et al.*, 1991 ; Feller, 1995 ; Jabiol *et al.*, 1995 ; Nacro *et al.*, 1996 ; Bernier, 1997 ; Cadisch et Giller, 1997 ; Nacro, 1997 ; Albrecht *et al.*, 1998 ; Gobat *et al.*, 1998). D'un point de vue macroscopique on y distingue des fragments *figurés* végétaux, indiscutablement d'origine récente (Elustondo *et al.*, 1990 ; Feller *et al.*, 1991b et 1993 ; Feller, 1995). A une échelle d'observation plus fine, on y joint des cadavres et métabolites microbiens (Balesdent *et al.*, 1991 ; Feller *et al.*, 1991c), dont la contribution aux processus de minéralisation, est sans rapport avec leur masse (Vong *et al.*, 1990). En effet, du fait de leur proximité de la matière vivante (en termes de composition chimique), ils constituent un compartiment organique à *turn over* rapide et donc probablement impliqués dans les processus à court terme qui concernent les situations cultivées.

A cette matière organique "figuré", s'ajoute une matière organique *amorphe* quantitativement plus importante et intimement associée aux argiles (Tisdal et Oades, 1982 ; Akroumé, 1985 ; Parton *et al.*, 1987 ; Paul et Clark, 1989 ; Feller *et al.*, 1991c et 1993 ; Nacro, 1997) : l'humus dont les caractéristiques qualitatives ont été précédemment précisées.

On peut donc assimiler la matière organique du sol à un *continuum biochimique* de composés qui ne diffèrent que par leur propriétés physiques et chimiques, et par leur contribution au stock organique total du sol. La dynamique de la matière organique du sol désigne dans ces conditions, le passage d'un fragment figuré d'origine récente, jusqu'à sa conversion en composés humiques intimement associés aux argiles (Cadisch et Giller, 1997 ; Nacro, 1997).

## 1.4. Objectifs

### 1.4.1. Objectif général

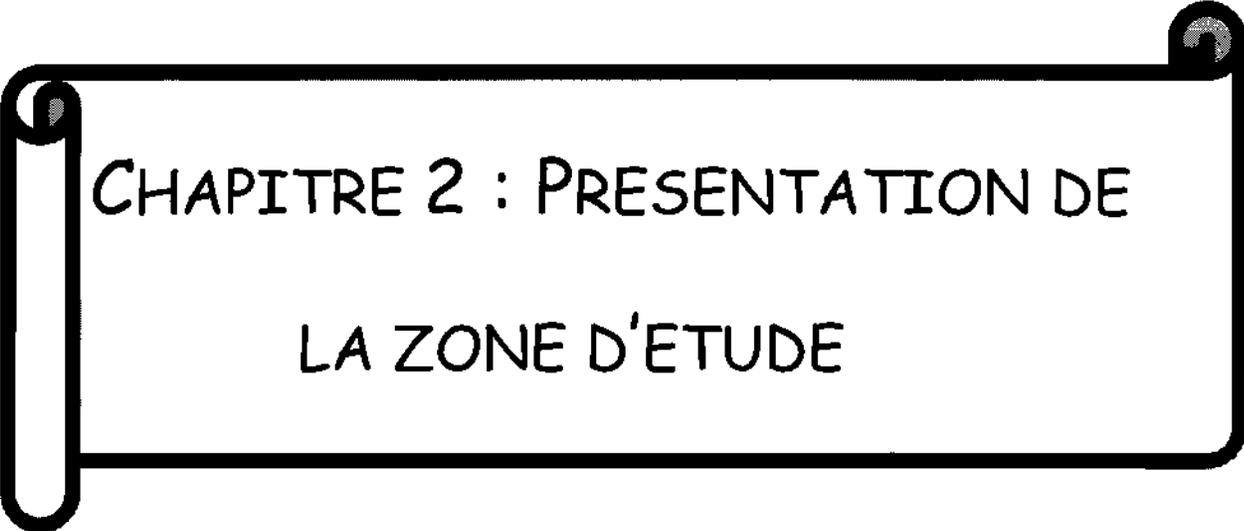
Compte tenu de l'évolution démographique et de l'augmentation des besoins en terres qu'elle induit, on observe de plus en plus un raccourcissement du temps de jachère. Ce mode de gestion de la fertilité des sols se révèle presque partout insuffisant pour entretenir les potentialités des sols. La gestion durable des terres apparaît de plus en plus compromise si de nouvelles méthodes d'entretien et de régénération de la fertilité ne faisant que peu appel ou pas du tout, à des apports extérieurs (fertilisants minéraux), ne sont pas initiées. Or celles-ci passe nécessairement par l'élucidation des mécanismes fins de la dynamique de la matière organique du sol. Ce travail s'inscrit dans un cadre général de travaux dont le but fondamental est d'optimiser les processus bio-géochimiques conduisant à la restauration de la fertilité des sols. Il se base sur le principe de la manipulation des mécanismes biologiques de la fertilité comme un des outils majeurs pour le développement d'une agriculture durable, basée sur l'exploitation des potentialités locales, tel que le prônent un certain nombre d'organismes internationaux (Anderson et Ingrahm, 1989).

### 1.4.2. Objectifs spécifiques

Les présents travaux s'inscrivent dans la perspective d'une gestion conservatoire et économique des ressources naturelles et des intrants ; leur but fondamental est de comprendre et d'optimiser les processus bio-géochimiques conduisant à la restauration de la fertilité des sols, en manipulant au besoin la structure du couvert végétal et les relations plantes-micro-organismes. Ils se fixent deux objectifs spécifiques :

- étudier la distribution de la matière organique dans les différentes fractions organo-minérales du sol afin de mieux appréhender la dynamique de la matière organique du sol au cours de l'installation de la jachère ;
- étudier les effets de la jachère sur la disponibilité des éléments minéraux en mettant en relation les différents états de la matière organique et le niveau d'activité des micro-organismes, évalué par :

- leur respiration potentielle ;
- la production de nutriments (azote minéral) utilisables par les plantes ;
- la biomasse microbienne.



CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE  
LA ZONE D'ETUDE

## II : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

### 2.1. Le cadre géographique et phytogéographique

La réserve du Nazinon est située au Nord de la zone soudanienne à 80 km au Sud de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou – Léo. C'est un éco-complexe, constituée d'une mosaïque de champs et de jachères naturelles d'âges variés (jusqu'à 40 ans!), offrant tout une gamme de formations végétales ; l'âge de chacune des parcelles est connu à deux ans près (Somé, 1996). Il s'agit d'une zone forestière de 4800 ha, située au nord du secteur phytogéographique soudanien méridional à l'intérieur du *district Est-Mouhoun* (Guinko, 1985).

Le terroir (Carte 1) qui a fait office de site de nos activités de recherche, s'y étend sur 3687,2 ha entre les latitudes 11°43 et 11°48 Nord et les longitudes 1°38 et 1°43 Ouest (Somé, 1996).

### 2.2. Le climat

Le climat de la zone est de type Sud-soudanien (Somé, 1996), fortement soumis à l'influence de :

- l'anticyclone du Sahara responsable de l'*harmattan*, vent sec et chaud de secteur est;
- l'anticyclone de Sainte-Hélène, vent maritime tiède et humide à l'origine de la *mousson* et du déplacement (du nord au sud et du sud au nord selon la saison) du Front Intertropical (FIT) (Casenave et Valentin, 1989, *in* Somé, 1996).

Les rencontres de ces deux masses d'air dans la zone détermine la pluviosité du site de Sobaka.

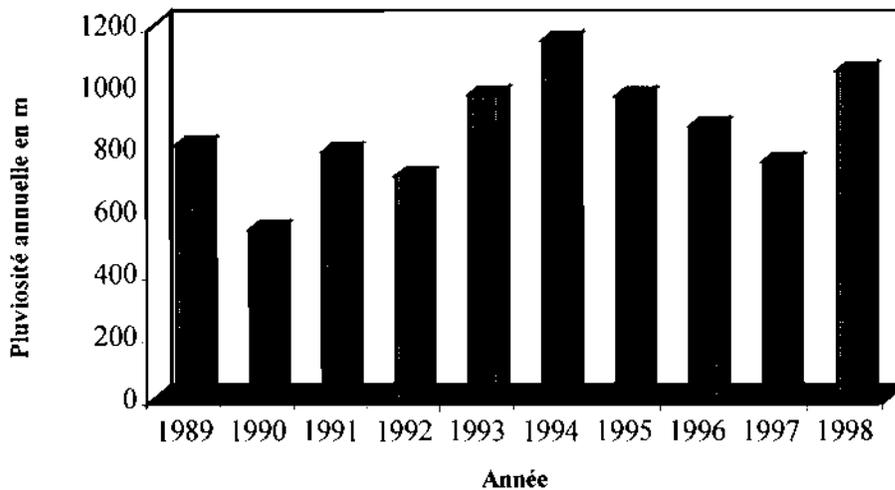


### 2.2.1. Pluviosité

La forêt classée du Nazinon, de part son appartenance à la zone climatique Sud-Soudanienne est marquée par deux saisons bien contrastées :

- une saison sèche dont la durée est de 6-8 mois successifs;
- une saison pluvieuse de 4 à 6 mois allant souvent d'avril à octobre et durant laquelle la pluviosité annuelle est comprise entre les isohyètes 900 et 1300 mm (Guinko, 1984).

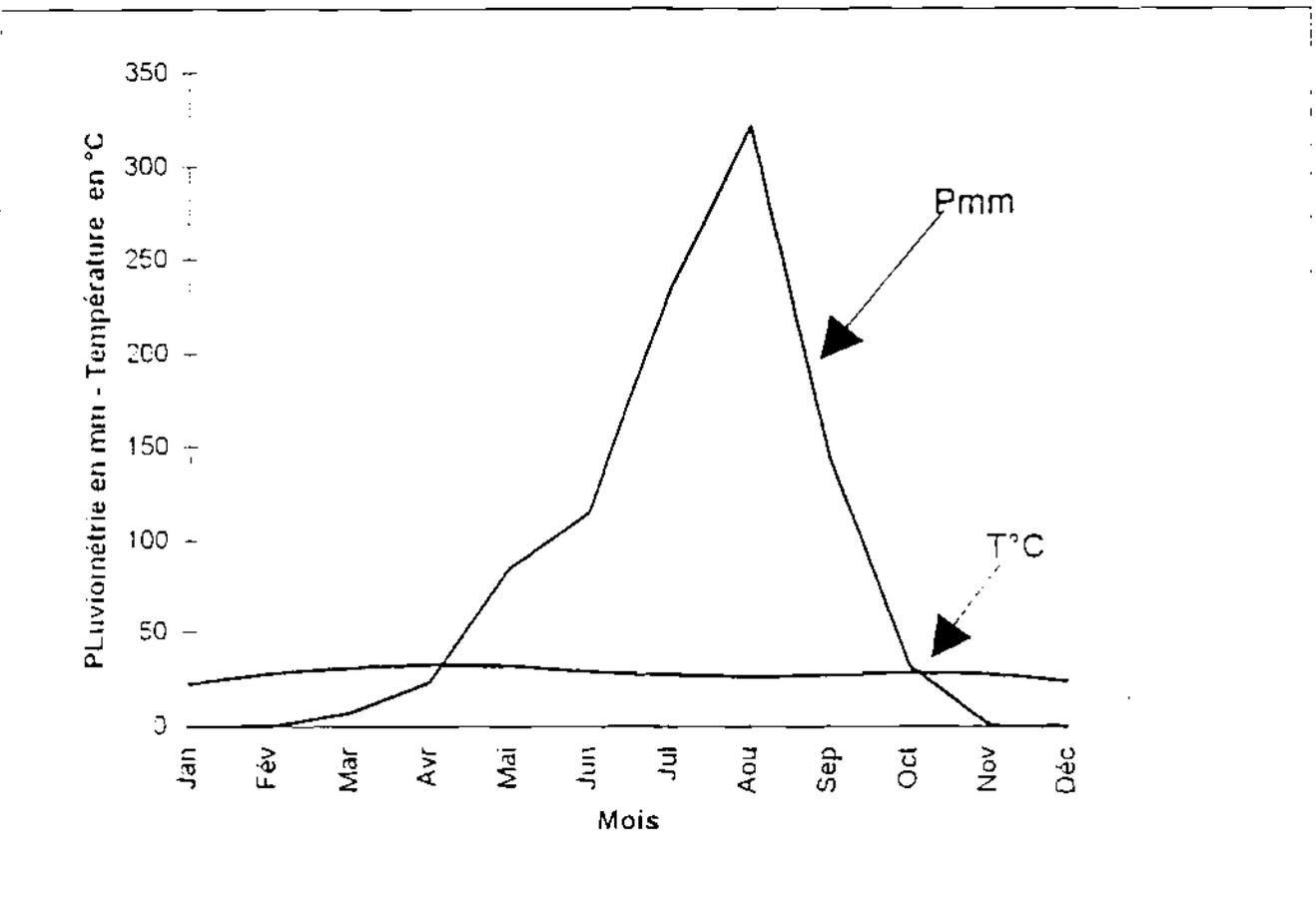
Faute de station météorologique fonctionnelle *in situ*, nous nous sommes référés aux données pluviométriques de Sapouy (latitude 11°33 Nord et longitude 1°46 Ouest) en plus de celles recueillies sur le site (1994 et 1995), pour l'analyse de la pluviosité du site de Sobaka. Elles nous donnent au moins partiellement, une idée de la pluviosité annuelle. La moyenne de la dernière décennie (1989 à 1998) est d'environ 870 mm avec des valeurs extrêmes de 542,07 mm (1990) et 1152,3 mm (1994) (Figure 1). La pluviosité moyenne mensuelle pendant la campagne 1999 est de 132,29 mm, avec des valeurs extrêmes de 28,4 mm (avril) et 252,4 mm (août).



**Figure 1** : Evolution de la pluviosité annuelle de 1989 à 1998 en mm (données de la direction de la météorologie nationale de Ouagadougou)

### 2.2.2. Températures

Le climat de Sobaka est chaud : les températures les plus élevées se situent en avril (33°C), et les plus basses en décembre-janvier (24°C), au moment de la récession intrapluviale (Somé, 1996).



**Figure 2 :** Diagramme ombrothermique moyennes mensuelles de 1994 et 1995 (*in* Somé, 1996).

### 2.2.3. Humidité relative

L'humidité relative varie énormément : de 19,25 (février) à 93,48% (août) (Figure 3). Elle amorce généralement une hausse jusqu'en août, en raison de l'évaporation de l'eau consécutivement à l'augmentation des températures, et peu atteindre de valeurs très fortes (99 à 100%). La rosée qui en résulte influence alors positivement la phénophasse des types biomorphologiques de la végétation (Guinko, 1985). C'est ainsi que l'augmentation de l'humidité relative avant même le retour des pluies (avril-mai), induit un démarrage du cycle végétatif chez les ligneux (débourrement des bourgeons) de même que chez les herbacées pérennes (repousses de nouvelles tiges) (Somé, 1996).

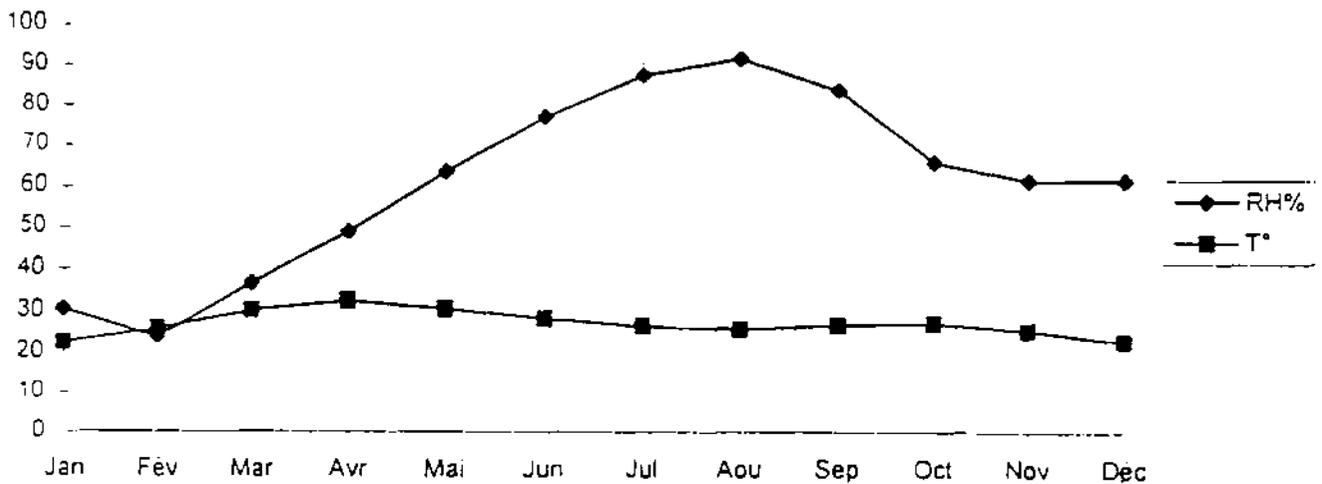


Figure 3 : Evolution de l'humidité relative (RH%) et de la température pour la période 1994-1995 (in Somé, 1996).

## 2.3. La Végétation

Les paysages végétaux soudanais sont essentiellement agrestes (Zoungrana, 1991 et 1993 ; Fontes et Guinko, 1995). La végétation varie de la forêt claire à la savane avec pour celle-ci, les sous-types arbustifs, arboré et boisé. La physionomie de la végétation du secteur Sud-Soudanais rappelle une savane arbustive à laquelle succède, une savane arborée, lorsque les conditions édaphiques, climatiques et anthropiques s'avèrent favorables (Fontes et Guinko, 1995).

La végétation de la forêt classée du Nazinon est essentiellement représentée par des savanes arborées, exception faite des paysages végétaux des bas-fonds et des jeunes jachères où l'on observe respectivement une grande variété de formations ripicoles et arbustives (Blaffart, 1990 ; Alexandre, 1993 ; Somé, 1996 ; Hien, 1998). Le couvert arbustif atteint en moyenne 5m, les arbres 8 à 10m (Bationo, 1996 ; Somé, 1996). Alexandre (1992) y a recensé plus d'une centaine d'espèces définissant des formations végétales d'une grande hétérogénéité. *Detarium microcarpum*, *Combretum glutinosum*, *Gardenia erubescens*, *Parinari curatellifolia* et *Terminalia spp*, dominent cependant la strate ligneuse (Fontes et Guinko, 1995 ; Somé, 1996 ; Bationo, 1996).

La strate herbacée est beaucoup plus uniforme avec les espèces indicatrices des stades d'évolution de la végétation des jachères (Carte 2) comme *Andropogon ascinodis*, *Andropogon gayanus*, *Andropogon pseudapricus*, *Elionurus elegans*, *Eragrostis tremula*, *Loudetia togoensis* (Fontes et Guinko, 1995 ; Somé, 1996).

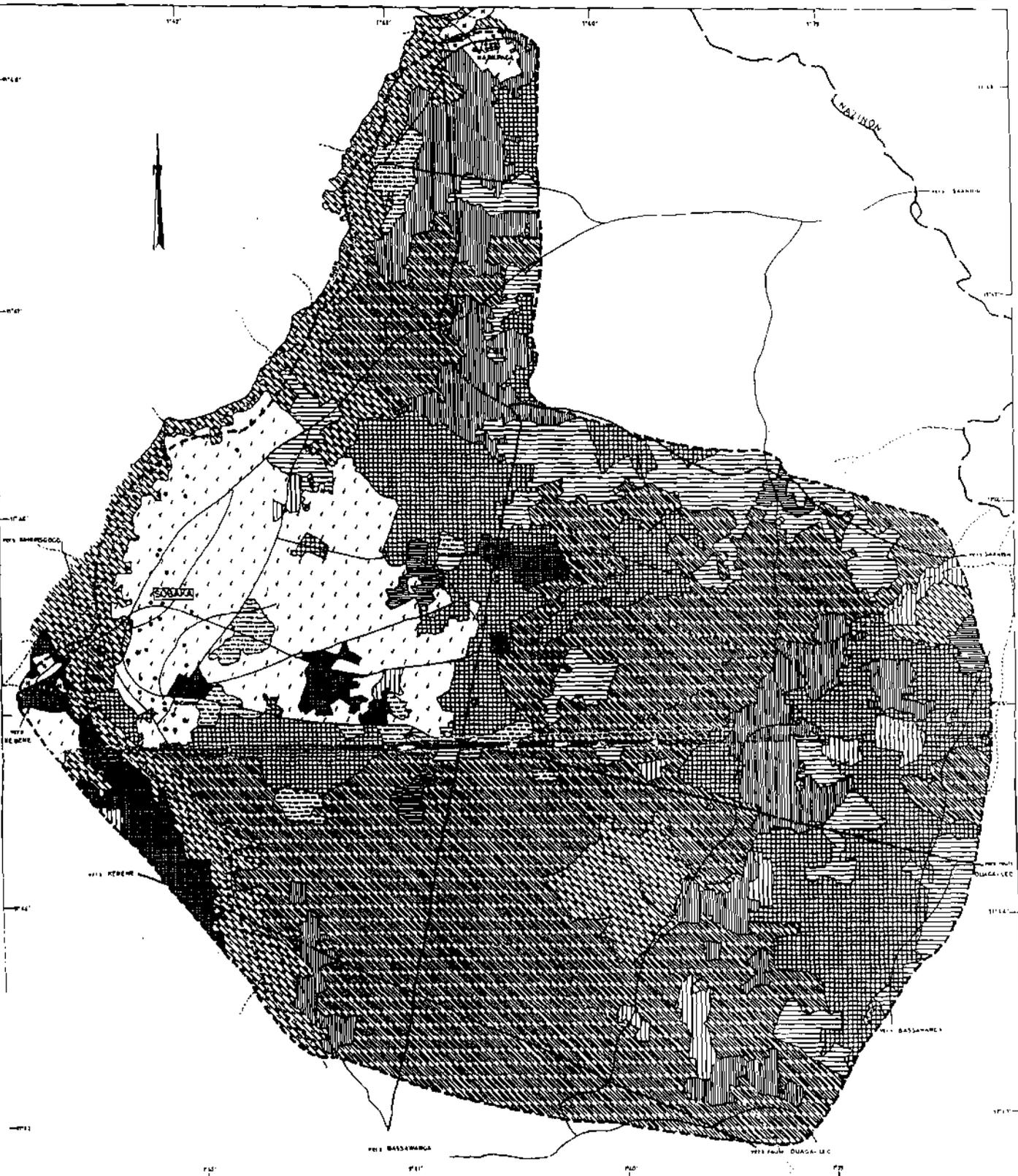
## 2.4. Géomorphologie et pédologie

Le principal trait caractéristique du relief de la forêt classée du Nazinon est une vaste plaine d'altitude moyenne 300m (Hien, 1998), constituée par le bouclier africain (Belem, 1993). Le substratum géologique dans la région est constitué de migmatites et de granites indifférenciés d'origine reconnue aux formations cristallines du Précambrien D à l'Antécambrien (BUNASOLS, 1993). Les sols sont formés d'une association à lithosols sur cuirasse et à sols ferrugineux remaniés sur matériaux argilo-sableux, avec présence de cuirasses ou d'affleurements granitiques sur les hauts de topo-séquence (Blaffart, 1990). On y distingue (Zombré et al., 1995) quatre classes et quatorze unités de sol selon classification

Française (C. P. C. S, 1967). Les sols les plus dominants sont des sols à sesquioxydes de fer et manganèse (87%). Les zones ripicoles sont constituées de sols peu évolués d'apport alluvial à hydromorphie de surface, ou des sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble (3%). Ce schéma d'organisation du manteau pédologique (Carte 3) inclut quelques sols à minéraux brutes (5%) et des sols peu évolués (5%).

Tous ces sols présentent un profil constitué d'un horizon superficiel peu épais, sablo-argileux et d'horizons sous-jacents progressivement argileux, à concrétions rougeâtre en profondeur.

CARTE DES STADES D'EVOLUTION DE LA VEGETATION DES JACHERES DU TERROIR DE SOBAKA  
(FORET CLASSEE DU NAZINON)



LEGENDE

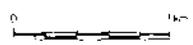
- FMA1: Faciès à herbacées annuelles, stade 1 (Borreria stachydea, Andropogon pseudopurpureus) (Ha\*\*/L: < 5ans)
- FMA2: Faciès à herbacées annuelles avec implantation de Andropogon gayanus, stade 2 (Ha\*\*/Ag; Li: 5-10ans)
- FHP1: Faciès à herbacées pérennes, stade 1 (Ag\*\*/Ha; Li/SI: 11-15ans)
- FHP2: Faciès à herbacées pérennes, stade 2 (Ag\*\*/Ha; Li/SI: 16-20ans)
- FLSL: Faciès à ligneux et sous-ligneux (L\*\*/S\*\*/Ag\*\*/Ha/Aa) ou (L\*\*/S\*\*/Ha\*\*/Ag/Aa): 21-25ans)
- FHP3: Faciès à herbacées pérennes, stade 3 (Aa\*\*/Lr/Sr: 26-30ans)
- FL1: Faciès à ligneux, stade 1 (Lr\*\*/S1; Ha\*\*/Ag/Aa)
- FHP4: Faciès à herbacées pérennes, stade 4 (Aa\*\*/Ha/Ag; Li\*\*/S\*\*): > 30ans)
- FL2: Faciès à ligneux, stade 2 (Lr\*\*/Ha\*)
- FL3: Faciès à ligneux monospécifique (Lim\*\*/Ha\*)

Ag = Andropogon gayanus  
 Aa = Andropogon ascinioides  
 Ha = herbacées annuelles  
 Lr = ligneux  
 S1 = sous-ligneux  
 Lim = ligneux monospécifique

--- recouvrement de plus de 75% de la surface  
 - - - recouvrement de 50% à 75% de la surface  
 . . . recouvrement de 25% à 50% de la surface

- Zones cultivées ou champs
- Afléurements de granite
- Zones nues
- Pistes principales
- Pistes secondaires
- Cours d'eau principal
- Cours d'eau secondaire
- Habitations
- Carrières
- Limites du terroir de SOBAKA

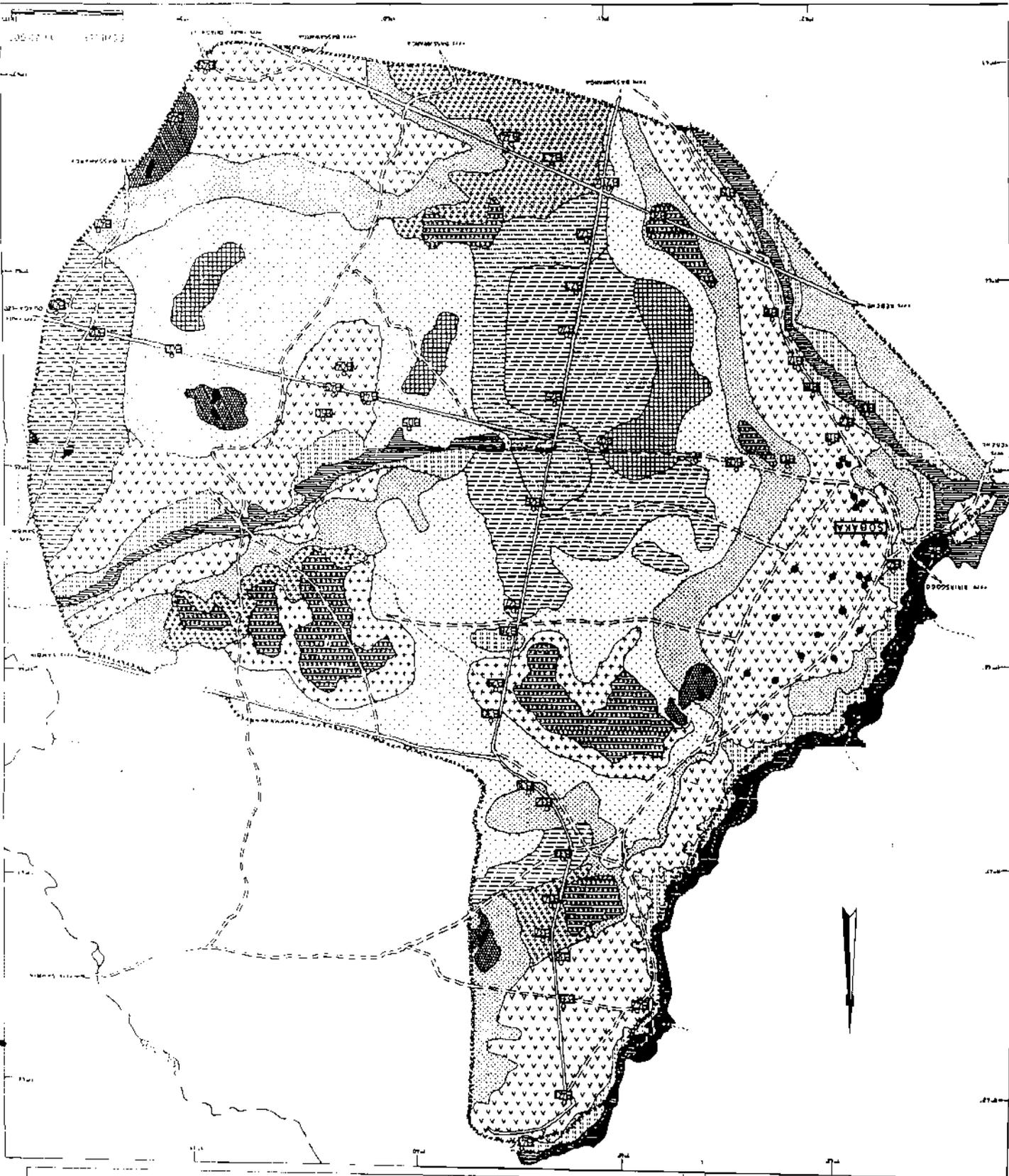
ECHELLE 1:20.000



Conception et Révision  
 Anonyme N S O M E  
 Dessinateur  
 Sordou I SAVADOGO

CARTE PEDOLOGIQUE DU TERROIR DE SOBAKA

(FORÊT CLASSÉE DU NAZIMON)



LEGENDE

- SOLS MINÉRAUX BRUTS
  - (U1) (H) sols sur cuirasse
  - (U2) (H) sols sur graille
- SOLS A SESQUIOXYDES DE Fe ET DE Mn
  - Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels sur cuirasse
  - Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds sur cuirasse
  - Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds sur cuirasse
  - Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds sur cuirasse (U2)
- SOLS HYDROMORPHES
  - (U2) Sols peu évolués d'inondation temporaire
  - (U2) Sols peu évolués d'apport oléagineux hydromorphes
- SOLS PEU ÉVOLUÉS
  - (U2) Sols ferrugineux tropicaux lessivés asymptomatiques
  - (U2) Sols ferrugineux tropicaux lessivés à l'horizon et concrétions
- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS INDURÉS PROFONDS SUR CUIRASSE
  - (U2) Sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble
  - (U2) Sols pédologiques

NOTATIONS

- points particuliers
- limites de terrain
- cours d'eau temporaire
- cours d'eau permanent

Région

Prospect N ZOMBE

Hydrog. DIMADOUK

Philippe de BULO

Antoine N SOMÉ

Cartographie

Antoine N SOMÉ

## 2.5. Population et activités socio-économique

La population de Sobaka est estimée à 800 habitants (I.N.S.D., 1985, *in* Hien, 1998). Elle est exclusivement composée de migrants Mossi et peul, dont l'installation remonte au début du 20<sup>e</sup> siècle. Du fait de leur descendance commune, les migrants Mossi portent tous le même nom de famille (Somé, 1996).

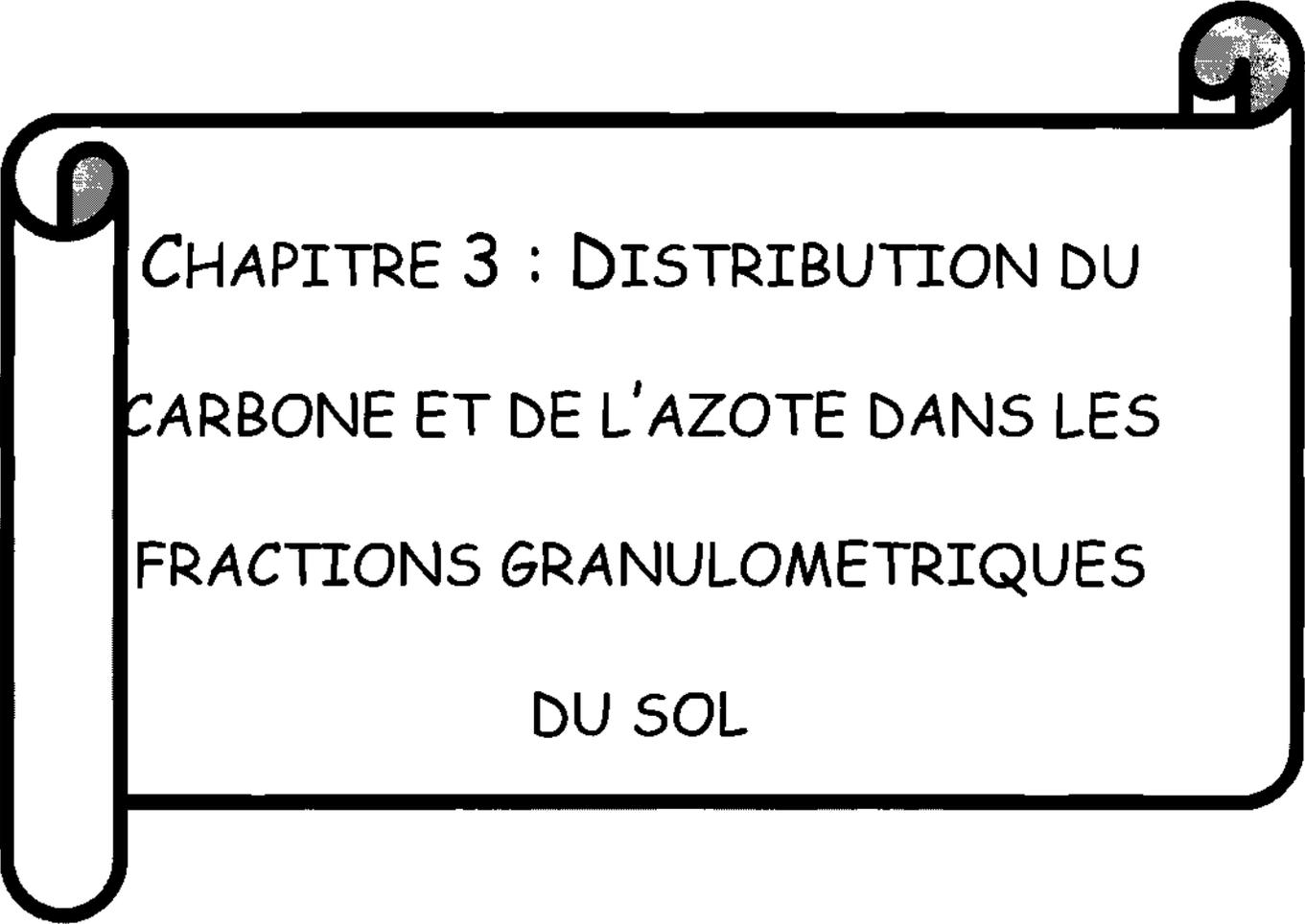
L'agriculture de subsistance, essentiellement à base de céréales (sorgho, mil) demeure l'activité socio-économique de base de la population. Il s'agit d'une forme d'agriculture similaire à celle largement répandue dans les zones défavorisées d'Afrique au sud du Sahara, caractérisée par la prépondérance du recours aux outils rudimentaires (daba, coupe-coupe, feu, etc.), et par la faiblesse du niveau d'utilisation d'intrants agricoles. Seuls quelques champs de case et village bénéficient d'une fumure organique essentiellement à base de déjections animales (quelques bovins, ovins, caprins, et volailles familiaux). La productivité des autres espaces agricoles repose uniquement sur la résilience des écosystèmes post-cultureux (Somé, 1996). Ceux-ci font, indépendamment des saisons, office de parcours aux animaux (bovins) d'un élevage sédentaire assez limitrophe du terroir. Ainsi, d'importants *transferts de fertilité* ont probablement, perpétuellement lieu.



DEUXIEME PARTIE : ETUDE DE LA

DISTRIBUTION DE LA MATIERE

ORGANIQUE



CHAPITRE 3 : DISTRIBUTION DU  
CARBONE ET DE L'AZOTE DANS LES  
FRACTIONS GRANULOMETRIQUES  
DU SOL

### III. DISTRIBUTION DU CARBONE ORGANIQUE ET DE L'AZOTE TOTAL DANS LES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES DU SOL

#### 3.1. Introduction

Comme nous l'avons rappelé plus haut, le sol n'est pas homogène : des composés plus ou moins humifiés y forment avec les argiles et les minéraux amorphes des complexes organominéraux qui, en plus des gels bactériens et des hyphes mycéliens, cimentent entre elles des particules de toutes tailles y compris des débris organiques (Tisdall et Oades, 1982 ; Gregorich *et al.*, 1988 ; Albrecht *et al.*, 1992 ; Feller *et al.*, 1991b ; Beare *et al.*, 1994 ; Degens *et al.*, 1994 ; Albrecht, 1996 ; Albrecht *et al.*, 1998). Pour caractériser exactement la matière organique du sol, la dispersion des agrégats dans des conditions engendrant une destruction plus ou moins complète de la structure du sol devient donc une exigence absolument incontournable (Balesdent *et al.*, 1991 ; Feller *et al.*, 1991b ; Oades et Waters, 1991 ; Feller, 1995).

On dispose fort heureusement aujourd'hui, de méthodes de séparation chimique et physique, permettant d'isoler plus ou moins précisément les différents constituants du contenu organique total des sols (Feller, 1995). La séparation selon les méthodes chimiques excluant toute corrélation entre extractibilité et accessibilité physique vis-à-vis des microorganismes du sol de certains composés organiques, nous nous sommes tournés pour cette activité de recherche vers les méthodes physiques.

#### 3.2. Matériels et méthodes

##### 3.2.1. Prélèvement des échantillons de sol

Les échantillons de sol ont été prélevés dans l'horizon 0-10 cm du sol au niveau des situations suivantes :

- jachère de 6 ans dominée par *Andropogon pseudapricus* Stapf. ;
- jachère de 10 ans dominée par *Andropogon gayanus* Kunth. Var *bisquamulatus* ;

- jachère de 20 ans dominée par *Andropogon gayanus* Kunth. Var *bisquamulatus* ;
- jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* C.B.C.I. ;
- jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* Hook. ;
- jachère de 40 ans dominée par les ligneux (*Anogeissus leocarpus*) et des herbacées annuelles (*Eragrostis tenella*).

Pour chaque jachère, les prélèvements de sol ont été effectués à partir de trois profils réalisés au hasard entre les touffes d'herbes et loin des troncs d'arbres de façon à réduire au minimum l'effet rhizosphère (Abbadie et Lensi, 1990). Sur chacun des horizons de chaque profil, un échantillonnage perturbé (Pauwels *et al.*, 1992) a été effectué, et le prélèvement séché à l'ombre, tamisé à 2 mm.

### **3.2.2. Séparation des particules minérales et organo-minérales**

Toutes les méthodes développées jusqu'ici pour la séparation, selon leurs classes de grosseurs, des particules élémentaires du sol, recherchent un état de dispersion maximum de celui-ci, tout en minimisant l'altération des matières organiques, qui en modifierait significativement la distribution (Balesdent *et al.*, 1991 ; Feller *et al.*, 1991).

La texture du sol a été déterminée par fractionnement granulométrique sous eau après destruction de la matière organique selon Balesdent *et al.* (1991), par voie physico-chimique : 20 grammes de sol sont placés dans 100 ml d'hydrogène peroxyde (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et dans 500 ml d'eau distillée, puis portés au bain marie à 100°C pendant 4 heures. La solution est ensuite transférée dans des allonges de 1000 ml, puis 20 ml d'hexamétaphosphate de sodium (HMP, 40g/l) sont ajoutés. La dispersion chimique des agrégats par HMP est complétée par une dispersion mécanique, par agitation des pots sur un agitateur rotatif, à 30 rpm (4 heures). La séparation des fractions est obtenue en combinant sédimentation des limons et argiles, en application de la loi de Stoke (prélèvements à la pipette de Robinson). Les sables sont ensuite séparés par tamisage sous eau courante. Les diverses fractions minérales obtenues (100-200 µm ; 50-100 µm ; 20-50 µm ; 2-20 µm ; > 2 µm) sont ensuite séchées à l'étuve (105°C pendant 24 heures), et leurs poids estimés après refroidissement.

Les fractions organo-minérales (l'ensemble particules organiques et minérales de même taille) ont été séparées en quatre classes de taille ( $> 200 \mu\text{m}$  ;  $50-200 \mu\text{m}$  ;  $20-50 \mu\text{m}$  et  $> 20 \mu\text{m}$ ) suivant la procédure suivante : 100 g de sol sont placés dans des bocaux de 900 ml contenant 300 ml d'eau distillée, puis le mélange est soumis à une agitation de 300 mouvements par minute (agitateur rotatif) pendant une heure avec quatre billes de verre de 1 cm de diamètre. Après retrait des billes les suspensions sol-eau sont soigneusement passées successivement sur des tamis à mailles carrés de 200, 50 et  $20 \mu\text{m}$  ; les eaux de lavage des différentes fractions organo-minérales retenues sur les tamis étant systématiquement jointes aux eaux de fractionnement. Les différentes fractions organo-minérales ainsi obtenues sont soumises à un séchage doux ( $40^\circ\text{C}$  à l'étuve), puis récupérées, pesées et homogénéisées par fraction. Il n'y a eu ni destruction de la matière organique, ni utilisation de dispersant chimique, l'hexamétophosphate de sodium présentant en effet l'inconvénient de libérer du phosphore et de solubiliser les oxydes de fer liés aux argiles, ce qui rend difficile le dosage par spectrophotométrie de l'azote minéral accumulé (Nacro, 1997).

### ***3.2.3. Dosage du carbone organique et de l'azote total***

Les teneurs en carbone organique et en azote total du sol et de ses différentes fractions organo-minérales ont été mesurées au laboratoire de chimie des sols et des végétaux de l'Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA).

Nous avons opéré sur deux répétitions. La teneur en carbone a été dosée selon la méthode proposée par Walkley et Black (1934), et adaptée pour les sols du Burkina Faso par Gnankanbary *et al.* (1999). La méthode repose sur le principe du titrage de retour : le carbone organique est minéralisé en milieu sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) par oxydation au bichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) dont l'excès est titré par l'ammonium fer II sulfate ou sel de Mohr. Les résultats, exprimés en  $\mu\text{g C/g}$  sol tiennent compte d'un facteur de correction de 4/5 lié à la minéralisation incomplète (75%) du carbone organique.

L'azote organique a été dosé par spectrophotométrie (appareil San Plus System, Skalar), de minéralisats obtenus selon la méthode Kjeldahl reprise par Pauwels *et al.* (1992). La minéralisation de l'azote est effectuée à chaud (330°C pendant 2 heures) avec un mélange d'acide sulfurique concentré (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), d'acide salicylique (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COOH)(OH)), de sélénium (Se) et d'hydrogène peroxyde (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). L'acide sulfurique détruit par oxydation la matière organique libérant ainsi l'azote sous forme d'ions ammonium ; celui-ci est immédiatement fixé sous forme de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et de NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>. Les résultats sont exprimés en µg N/g sol.

### 3.3. Résultats

#### 3.3.1. Texture du sol et distribution des particules organo-minérales

Dans le tableau 1 sont consignées les valeurs moyennes pour l'ensemble des échantillons analysés. Les résultats détaillés sont présentés en Annexe 1. Elles montrent que la texture est sableuse avec 67,50 % de sables, 16,67 % de limons grossiers et 15,88 % d'argiles et de limons fins.

**Tableau 1:** Distribution des particules minérales et organo-minérales (g/100 g sol).

Jachère	Analyse mécanique (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )*					Fractions granulométriques (µm)				
	< 20	20-50	50-200	> 200	Somme	< 20	20-50	50-200	> 200	Somme
J6	14,00	15,50	22,50	48,10	100,10	14,21	13,95	20,26	50,67	99,09
J10	22,70	25,00	24,30	28,10	100,10	23,04	22,40	23,76	30,05	99,25
J20B	11,05	15,30	24,30	49,40	100,05	11,80	14,43	23,60	50,02	99,85
J30Aa	21,10	10,40	18,60	49,90	99,98	15,84	13,68	16,14	53,51	99,17
J30Cp	15,25	21,70	25,30	37,80	100,05	15,23	19,76	23,20	40,85	99,04
J40	11,23	12,10	19,40	57,30	100,03	11,36	11,40	18,28	58,27	99,31

\* : obtenu après destruction de la matière organique

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans.

Les fractions organo-minérales sont réparties de la façon suivante : fraction organo-sableuse : 67,97% ; fraction organo-limoneuse grossière : 15,94 % et fraction organo-limono-argileuse : 15,25 %. Les fractions organo-minérales et minérales ne sont pas significativement ( $P < 0,05$ ) différentes.

### ***3.3.2. Distribution du carbone organique et de l'azote total dans les fractions granulométriques du sol***

La teneur en carbone des sols non fractionnés varie en fonction du stade de jachère (Tableau 2) : 4219  $\mu\text{g C/g sol}$  pour le sol de la jachère dite de 20 ans, à 7229  $\mu\text{g C/g sol}$  pour le sol de la jachère dite de 30 ans avec couverture végétale dominée par *Andropogon ascinodis*.

Les *distributions* ( $\mu\text{g-/g sol}$ ) du carbone organique (Tableau 2) et de l'azote total (Tableau 3) dans les différentes fractions organo-minérales du sol ont été obtenues par calcul à partir de la composition texturale du sol et de la teneur ( $\mu\text{g-/g fraction}$ ) des fractions. La distribution du carbone et de l'azote varie en fonction de la taille des fractions organo-minérales : 390 à 4081  $\mu\text{g C/g sol}$ , et 10 à 368  $\mu\text{g N/g sol}$ . On observe que l'essentiel des composés organiques sont stockés dans les fractions fines du sol ( $< 20 \mu\text{m}$ ) : 2345 à 4081, contre 1319 à 2810  $\mu\text{g C/g sol}$ , pour le carbone ; et 196 à 368  $\mu\text{g N/g sol}$  contre 43 à 118  $\mu\text{g N/g sol}$  pour l'azote.

L'analyse de variance montre que pour un même stade de jachère, la distribution du carbone organique dans les diverses fractions est significativement différente ( $P < 0,01$ ). Excepté la fraction 50-200  $\mu\text{m}$ , un effet jachère ( $P < 0,01$ ) est observé sur la distribution du carbone dans les fractions.

La distribution ( $\mu\text{g C/g sol}$ ) du carbone organique dans les différentes fractions granulométriques du sol peut également être exprimée en valeur relative par rapport au stock total du carbone organique ; on parlera dans ce cas de figure de *contribution* (Nacro *et al.*,

1996). Les contributions des différentes fractions granulométriques aux stocks du carbone organique et d'azote total du sol sont illustrées par les figures 4 et 5. Les fractions fines renferment 56 à 65 % du carbone organique et 65 à 82% de l'azote total, alors que les fractions grossières n'en contiennent que respectivement 35 à 44 %, et 18 à 35%

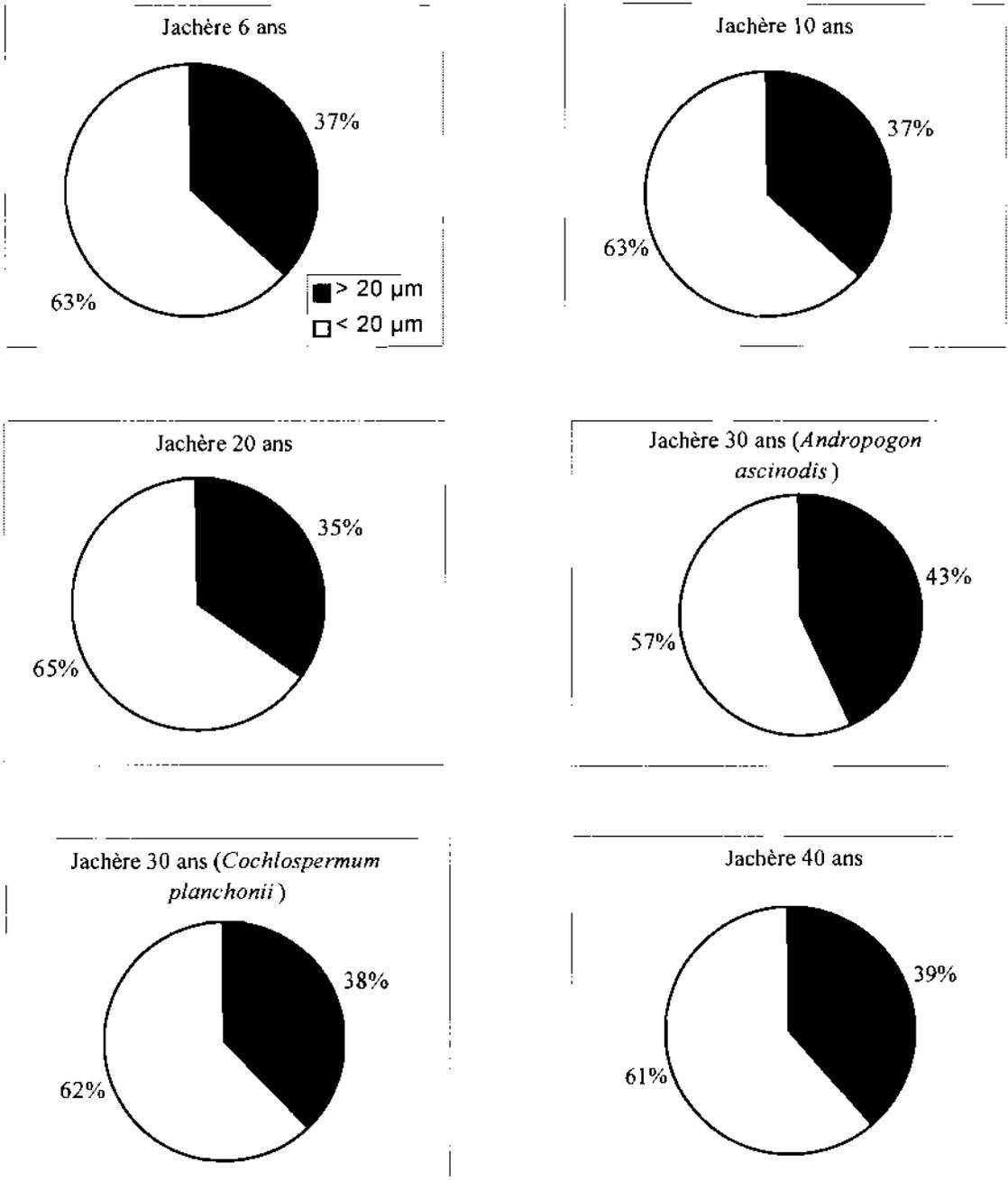
**Tableau 2 :** Teneur des sols en carbone organique, et distribution ( $\mu\text{g C/g sol}$ ) du carbone organique dans les différentes fractions granulométriques. L'écart type est donné entre parenthèses.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	819,47 (17,67)	891,38 (14,45)	474,98 (14,52)	1261,28 (9,74)	735,33 (10,35)	658,86 (46,96)
50 - 200	472,56 (10,80)	717,53 (24,51)	452,02 (176,06)	682,79 (225,49)	757,98 (98,40)	390,00 (18,56)
20 - 50	580,11 (13,90)	747,56 (23,82)	392,37 (6,90)	865,47 (4,39)	789,20 (22,98)	454,47 (0,12)
< 20	3184,10 (15,44)	4080,98 (24,60)	2454,60 (8,76)	3644,31 (59,86)	3691,39 (104,58)	2345,50 (48,07)
<b>Somme</b>	<b>5056,24</b>	<b>6437,45</b>	<b>3773,97</b>	<b>6453,85</b>	<b>5973,90</b>	<b>3848,83</b>
<b>Sol</b>	<b>5878</b> (186,47)	<b>6750,93</b> (359,46)	<b>4218,87</b> (109,61)	<b>7229,31</b> (173,23)	<b>6881,10</b> (34,27)	<b>4311,54</b> (50,85)

**Tableau 3 :** Teneur des sols en azote total, et distribution ( $\mu\text{g N/g sol}$ ) de l'azote total dans les différentes fractions granulométriques.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	52,7	31,9	13,8	26,74	29,5	9,7
50 - 200	27,6	33,6	9,6	43,5	34,0	20,4
20 - 50	38,1	45,0	20,1	45,0	44,8	21,3
< 20	223,8	310,9	196,5	368,2	264,8	199,5
<b>Somme</b>	<b>342,2</b>	<b>420,5</b>	<b>240,0</b>	<b>483,44</b>	<b>373,1</b>	<b>250,9</b>
<b>TN</b>	<b>282,9</b>	<b>373,2</b>	<b>201,9</b>	<b>336,0</b>	<b>393,8</b>	<b>180,4</b>

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TN : Témoin normal (sol non fractionné).



**Figure 4 :** Contribution (% C) des fractions au stock organique total du sol.

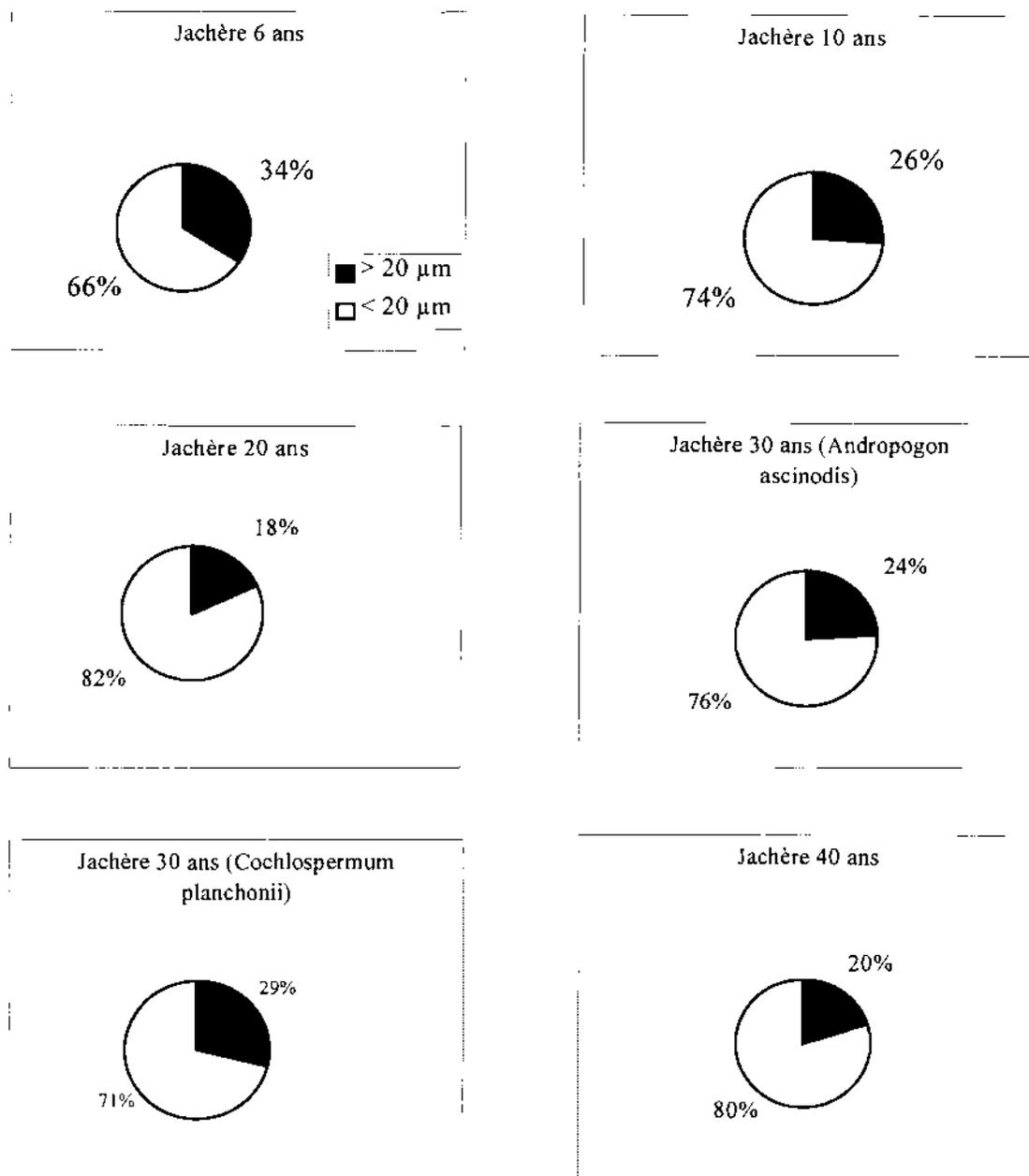


Figure 5 : Contribution (% N) des fractions au stock d'azote total du sol.

## 3.4. Discussions

### 3.4.1. Bilans du fractionnement

#### 3.4.1.1. Bilan en masse

La somme des masses relatives des fractions ( $99,29 \pm 1,74$ ) est significativement proche ( $P < 0,05$ ) de la valeur (100 %) du sol non fractionné. Le bilan du fractionnement physique peut donc être considéré comme globalement satisfaisant. Toutefois, en dépit de son caractère satisfaisant le bilan établi peut occulter une mauvaise dispersion des agrégats de taille supérieure à  $20\mu\text{m}$ . Ceci serait lié aux limites de la méthode de dispersion (agitation des suspensions sol-eau en présence de 4 billes) préconisée, et dont le souci a été de ne pas provoquer l'altération des composés organiques et occasionner ainsi leur transfert d'une fraction à l'autre. Mais la similitude ( $P < 0,05$ ) entre les valeurs des masses des différentes fractions organo-minérales : 67,97 ; 15,94 et 15,25%, respectivement pour les sables, limons grossiers et argiles + limons fins et celles des fractions minérales (respectivement 67,50 ; 16,67 et 15,88%) témoigne visiblement d'une bonne dispersion.

Ce résultat confirme les travaux de la littérature (Feller *et al.* 1991b et Balesdent *et al.* 1991), indiquant que l'agitation des suspensions sol-eau en présence de billes (méthode utilisée ici) permet une bonne dispersion des agrégats de taille supérieure à  $20\mu\text{m}$ . On peut donc admettre que le fractionnement granulométrique de la matière organique du sol réalisé dans le cadre de cette recherche est globalement satisfaisant.

#### 3.4.1.2. Bilans en carbone organique et en azote total

Les bilans du fractionnement, pour le carbone organique et l'azote total, ont été établis par la comparaison des valeurs de la somme des fractions (exprimées en  $\mu\text{g}/\text{g}$  sol), et des valeurs du sol non fractionné. Les valeurs de la somme des fractions sont, pour le carbone et l'azote, respectivement inférieures (4 à 13%) et légèrement supérieures (13 à 39% : excepté la situation J30cp), à celles du sol non fractionné. Les différences observées sont probablement

dues aux conditions expérimentales et analytiques ; elles sont toutefois comparables à celles généralement citées dans la littérature, et attribuées à la perte de composés organiques et/ou à leur solubilisation, au cours du fractionnement granulométrique (Feller *et al.*, 1991b; Christensen, 1992 ; Nacro, 1997). Les bilans peuvent toutefois être considérés comme globalement satisfaisants.

### **3.4.2. Contribution des fractions au stock de matière organique du sol**

La contribution des fractions organo-minérales grossières (fractions > 20  $\mu\text{m}$ ) au stock du carbone organique (35 à 44 %) est élevée comparativement à la valeur moyenne (30 %) rapportée par Feller *et al.* (1991c) pour un large éventail de sols bien drainés d'Afrique de l'Ouest. Les valeurs élevées trouvées ici sont toute fois comparables à celle (46%) obtenue par Feller *et al.* (1983) pour les fractions supérieures à 50  $\mu\text{m}$  d'un sol sableux tropical sous culture continue (4 ans) de mil. On trouve également un point commun avec les résultats obtenus par Bernhard-Reversat (1981) pour un sol sableux non cultivé.

La contribution des fractions fines (56 à 65%) est inférieure à celles trouvées par Feller *et al.* (1991c) pour un sol sableux tropical de la savane arbustive de Booro-Borotou (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire), et par Balesdent *et al.* (1991), pour un ensemble de sols dont les textures varient de sableuses à argileuses: respectivement 68 à 75%, et 73%. Nos résultats sont toutefois comparables à celles (59,6%) obtenues par Feller (1979) pour un sol sableux cultivé sans amendement organique

L'essentiel de la matière organique du sol est donc stockée dans les micro-agrégats (56 à 65 % du carbone organique, et 65 à 82% de l'azote total). Ceci est en accord avec l'ensemble des résultats de la littérature (Elustondo *et al.*, 1990 ; Balesdent *et al.*, 1991 ; Ouattara, 1991 ; Feller, 1995 ; Lompo, 1996 ; Nacro, 1997). Globalement donc, l'évolution progressive du stock du carbone organique du sol au cours des périodes de jachère semble se traduire par une évolution régressive de son accessibilité vis-à-vis des micro-organismes décomposeurs du sol. Il a en effet été montré que la matière organique associée aux fractions argileuses demeure physiquement difficile d'accès aux micro-organismes du sol (Haynes,

1986 ; Christensen, 1987 ; Elliot et Coleman, 1988 ; Paul et Clark, 1989 ; Van Veen et Kuikman, 1990 ; Feller, 1995 ; Nacro *et al.*, 1996).

Si la mise en culture des terres entraîne une baisse du stock organique (Charreau et Fauck, 1970 ; Charreau et Nicou, 1971 ; Siband, 1974 ; Roose, 1979a et b ; Hien *et al.*, 1993 ; Sedogo, 1993), on assiste au cours de la jachère à une augmentation de ce stock (Feller *et al.*, 1993 ; Hoefsloot *et al.*, 1993 ; Somé, 1996 ; Yaméogo, 1997 ; Parriagua *et al.*, 1999). Par ailleurs, de nombreux auteurs ont montré que les composés organiques d'origine récente sont associés aux fractions grossières, alors que ceux remaniés et donc d'origine plus ancienne, sont liés aux fractions fines (Feller *et al.*, 1991b ; Balesdent *et al.*, 1991 ; Beare *et al.*, 1994a ; Nacro, 1997). On devrait donc s'attendre à ce que le contenu en carbone organique dans les fractions grossières soit plus élevé que dans celui des fractions fines. Ce qui n'est pas le cas dans la présente étude.

Nous avons montré plus haut que le fractionnement granulométrique de la matière organique n'avait pas occasionné un transfert important ( $P > 0,05$ ) des composés organiques des fractions grossières vers les fractions fines. L'importance du stockage du carbone dans les fractions fines indiquerait donc une minéralisation très rapide de la matière organique fraîche entrant dans le sol ; cette dégradation intense des litières entraînerait au cours de l'installation de la jachère, un fort déstockage de la matière organique des fractions grossières au profit des fractions fines du sol. En effet, les composés organiques des fractions grossières sont d'origine récente et demeurent donc proches du point de vue chimique, de la matière vivante. Ils constituent alors un compartiment organique à *turnover* rapide. Cette hypothèse est confirmée par de nombreux travaux (Marion *et al.*, 1981 ; Cerri *et al.*, 1985 ; Balesdent *et al.*, 1988 ; Feller, 1995 ; Nacro, 1997), indiquant que la matière organique des fractions grossières a un taux de renouvellement beaucoup plus élevé que celui des fractions fines. Les conditions pédoclimatiques de Sobaka (bonne pluviosité, température élevée, forte humidité, texture du sol) expliqueraient l'intensité de l'activité biologique globale du sol (Jenkinson et Ayanaba, 1977 ; Nacro *et al.*, 1996). Ceci se traduit conséquemment par un faible stockage des composés organiques dans les fractions grossières ( $> 20 \mu\text{m}$ ).

### 3.4.3. Rapports C/N des fractions

Les rapports C/N des fractions et du sol non fractionné sont présentés dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Rapports C/N des fractions organo-minérales et du sol non fractionné.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	15,80	27,70	35,10	47,40	24,70	65,50
50 - 200	17,40	21,90	34,00	19,40	24,40	18,50
20 - 50	15,50	17,0	19,70	19,10	17,30	21,30
< 20	14,20	13,10	12,50	14,60	14,20	11,60
<b>TN</b>	<b>21,20</b>	<b>17,40</b>	<b>21,30</b>	<b>21,20</b>	<b>17,50</b>	<b>24,10</b>

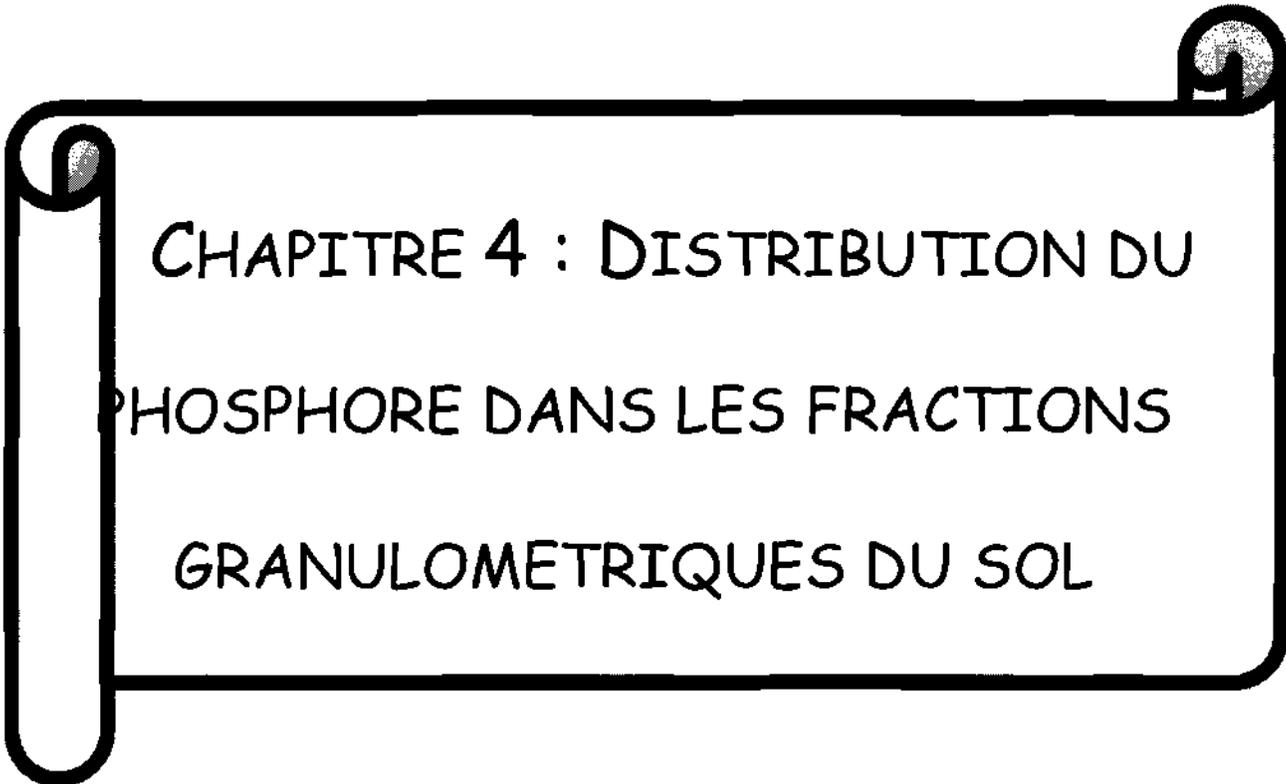
J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TN : témoin normal (sol non fractionné).

Pour chacune des situations étudiées, les rapports C/N décroissent des fractions grossières aux fractions fines, indiquant une augmentation du degré d'humification (Zhang *et al.*, 1988; Elustondo *et al.*, 1990 ; Nacro, 1997). Les valeurs des rapports C/N sont élevées pour les fractions grossières (valeurs moyennes : 16 à 22) indiquant leur origine végétale récente, et faibles pour les fractions fines (12 à 15). Ces valeurs sont parfaitement comparables aux rapports C/N établis par d'autres auteurs pour des sols non cultivés d'Afrique de l'Ouest (Feller *et al.*, 1991c ; Nacro, 1997) : 19 à 21 pour les fractions grossières, et 13 pour les fractions fines.

### 3.5. Conclusion

Les travaux de la littérature montrent que l'installation de la jachère se traduit par une augmentation du stock total du carbone du sol (Hoefsloot *et al.*, 1993 ; Hien, 1996 ; Somé, 1996 ; Olf *et al.*, 1997 Paniagua *et al.*, 1999). Toutefois, les résultats obtenus ici indiquent que l'essentiel du carbone (56 à 65%) et de l'azote (65 à 82) est stocké dans les fractions fines du sol dont les composés organiques seraient ainsi anciens et humifiés, comme le suggèrent les valeurs des rapports C/N. On peut donc supposer que nous sommes dans un système où la matière organique (substrat énergétique) est rare, et où l'humus du sol est physiquement protégé par adsorption sur les argiles.

Le stade de jachère a un effet marqué ( $P < 0,01$ ) sur la distribution du carbone organique dans les fractions organo-minérales du sol. Mais malgré une importante production primaire concentrée en particulier dans la partie souterraine, les contributions des fractions grossières ( $> 20 \mu\text{m}$ ) aux stocks totaux de carbone et d'azote sont faibles. L'évolution progressive du stock total du carbone organique en fonction des différents états post-cultureux pourrait donc se traduire par une évolution régressive de son accessibilité aux microorganismes décomposeurs du sol. Cette hypothèse qui suppose une dégradation intense des litières, sera vérifiée dans la troisième partie de ce mémoire. Mais d'ores et déjà, les résultats obtenus confirment la nécessité de prendre en compte la distribution à l'échelle de la particule du sol du stock organique, dans les approches visant à comprendre la dynamique de la matière organique du sol.



CHAPITRE 4 : DISTRIBUTION DU  
PHOSPHORE DANS LES FRACTIONS  
GRANULOMETRIQUES DU SOL

## IV. DISTRIBUTION DU PHOSPHORE ASSIMILABLE DANS LES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES DU SOL

Le phosphore joue un rôle très important dans le système sol-plante. Il est le principal facteur limitant de la fertilité chimique des sols tropicaux (Bationo, 1982, *in* De Willigen *et al.*, 1998), et détermine la fixation de l'azote chez les légumineuses (Adu-Gyamfi *et al.*, 1989). Il intervient en effet dans la formation et la croissance des racines, assure la rigidité des plantes, stimule la floraison et la formation des graines. Mais en raison de contraintes environnementales variées, la production primaire de beaucoup d'écosystèmes tropicaux de savanes est, dans bien des cas, limitée par la faible disponibilité du phosphore (Penning de Vries et Krul 1980 ; Bationo *et al.*, 1997). Au titre des contraintes, on peut citer les feux de brousse et le surpâturage qui entraînent une perte en éléments minéraux dont le phosphore, difficilement compensable même à long terme.

Pourtant, on sait que la quantité total de phosphore dans le sol n'est pas représentative de sa fertilité car seule une partie relativement petite est disponible pour la plante (Compaoré *et al.*, 1997 ; De Willigen *et al.*, 1998). Dans les études portant sur la dynamique de la matière organique du sol et visant en particulier à comprendre les mécanismes de la fertilité, il est donc également important d'identifier et d'évaluer les paramètres qui peuvent influencer la quantité du phosphore disponible.

### 4.1. Matériels et méthodes

Les mesures ont porté sur les échantillons de sol total et sur les fractions organo-minérales déterminés selon le protocole décrit au chapitre III. Le phosphore assimilable a été d'après Bray et Kurtz (1945) et dosé par spectrophotométrie à 880 nm. Un facteur de correction de 2,29 est appliqué aux valeurs obtenues, pour tenir compte de leur expression dans le système international. Toutefois, les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g P/g sol}$ .

## 4.2. Résultats

Dans le tableau 5 sont récapitulés l'ensemble des valeurs exprimées en ( $\mu\text{g P/g sol}$ ). Les teneurs en phosphore assimilable des sols non fractionnés varient entre 4,3 et 5,9  $\mu\text{g P/g sol}$ ; elles sont plus élevées pour les jachères de 10, 20 et 30 ans (dominée par *Cochlospermum planchonii*), et faibles pour les jachères de 6 et 40 ans. Celles des fractions varient de 0,4 à 2,7  $\mu\text{g P/g sol}$ .

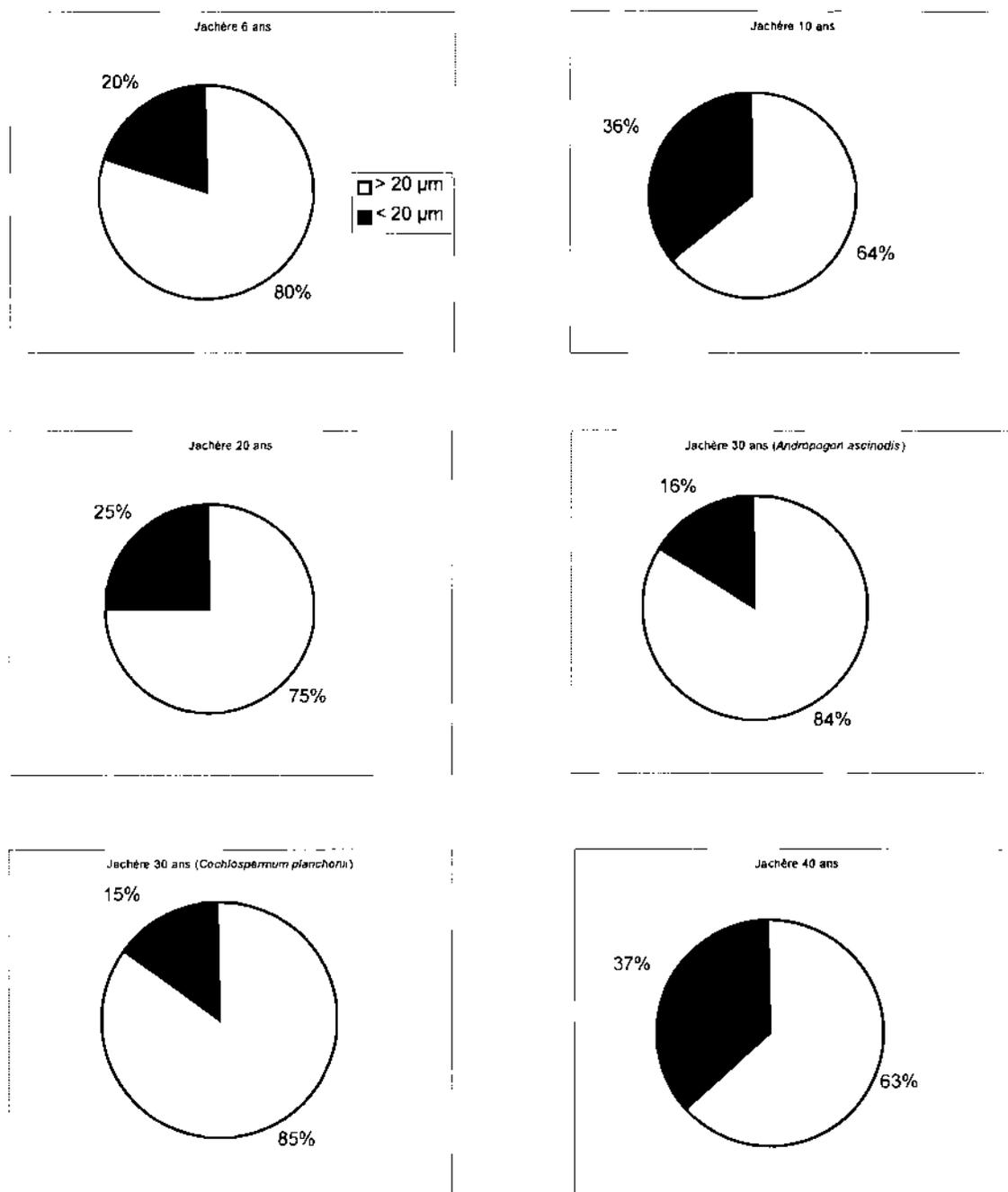
**Tableau 5 :** Teneur des sols en phosphore assimilable, et distribution ( $\mu\text{g P/g sol}$ ) du phosphore assimilable dans les différentes fractions granulométriques.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	2,0	1,2	2,2	1,8	1,5	2,1
50 - 200	0,85	1,27	1,21	1,87	2,75	1,06
20 - 50	0,8	1,2	0,9	0,6	0,9	0,4
< 20	0,9	2,1	1,4	0,8	0,9	0,8
<b>Somme</b>	<b>4,55</b>	<b>5,77</b>	<b>5,71</b>	<b>5,07</b>	<b>6,05</b>	<b>5,6</b>
<b>TN</b>	<b>4,6</b>	<b>5,8</b>	<b>5,7</b>	<b>5,1</b>	<b>5,9</b>	<b>4,3</b>

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans, TN : témoin normal (sol non fractionné).

On observe qu'en général, le contenu en phosphore baisse quand on passe des fractions > 200  $\mu\text{m}$  aux fractions < 20  $\mu\text{m}$ . Toutefois, l'analyse de variance ne révèle aucun effet significatif ( $P > 0,05$ ) du stade de jachère sur la distribution du phosphore assimilable dans le sol. Toutefois, on observe une baisse sensible de la teneur en phosphore assimilable dans les fractions grossières des très vieilles jachères (40 ans). Les contributions des différentes fractions granulométriques au stock du phosphore assimilable du sol ont été exprimées en valeur relative par rapport au stock total du phosphore assimilable. Elles sont illustrées par la figure 6. On observe que selon les situations, les fractions grossières (> 20

$\mu\text{m}$ ) renferment jusqu'à 63 à 85 % du phosphore assimilable, alors que les fractions fines n'en renferment que seulement 25 à 37%.



**Figure 6 :** Contribution (%) des fractions au stock du sol en phosphore assimilable.

### 4.3. Discussions

#### *4.3.1. Bilan en phosphore assimilable*

Le bilan du fractionnement pour le phosphore assimilable a également été établi par la comparaison des valeurs de la somme des fractions (exprimées en  $\mu\text{g P/g sol}$ ), et des valeurs du sol non fractionné. Quel que soit le stade de jachère considéré, la somme des contenus en phosphore assimilable des 4 fractions est égale ( $P < 0,01$ ) à la quantité du phosphore assimilable du sol non fractionné. Ce résultat indique clairement que le bilan du fractionnement est satisfaisant.

#### *4.3.2. Contribution des fractions au stock de phosphore assimilable*

Les teneurs en phosphore assimilable des situations étudiées sont faibles, et comparables aux données de la littérature sur les sols du Burkina Faso (Lompo, 1993 ; Lompo, 1996). L'étude de la distribution du carbone organique et de l'azote total dans le sol, a révélé que dans les successions végétales post-culturelles, l'essentiel de ces deux éléments restait stocké dans les fractions fines du sol ( $< 20 \mu\text{m}$ ) : 56 à 82%. En ce qui concerne le phosphore assimilable, nous observons par contre une situation inverse : les fractions fines ne renferment que 25 à 37 du stock total. Il n'existe pas dans la littérature des travaux similaires portant sur la distribution à l'échelle de la particule, du phosphore assimilable du sol. Mais au regard des résultats obtenus ici, on peut suggérer que :

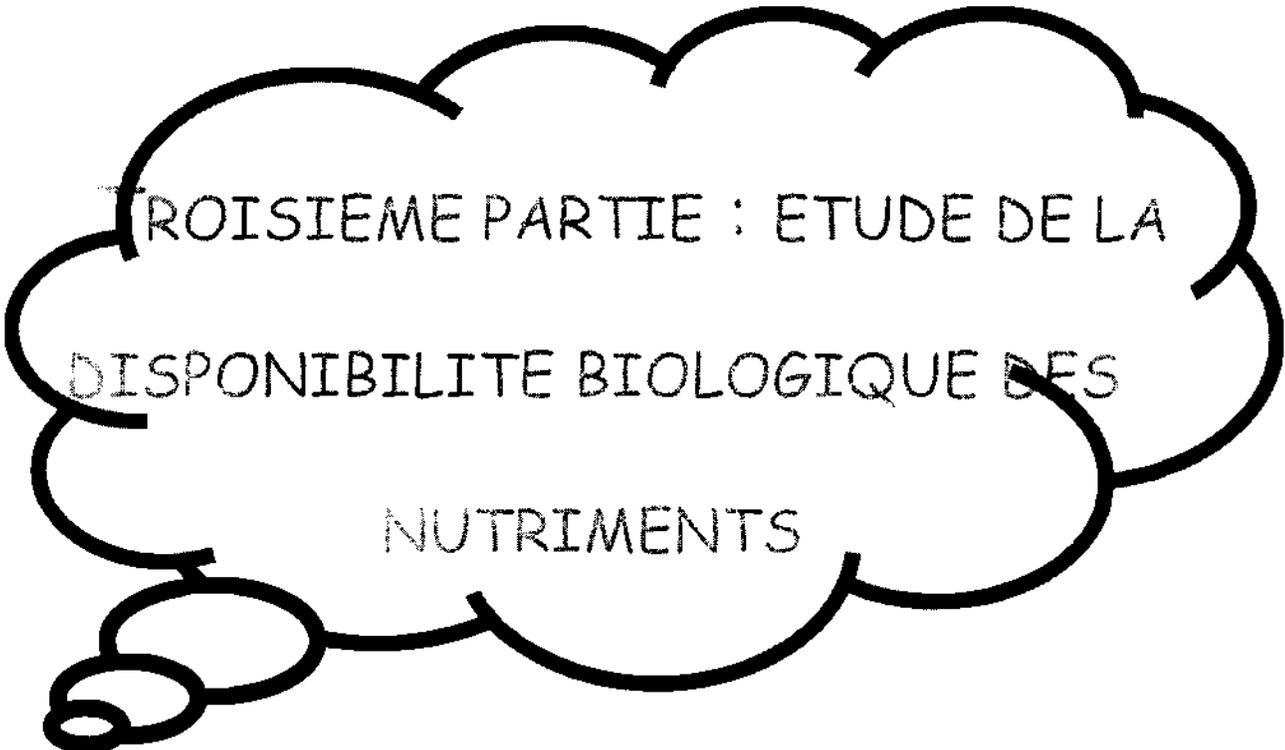
- si la transformation du phosphore total du sol en phosphore assimilable fait intervenir des processus microbiens, ceux-ci sont marginaux en raison de la faible importance de cet élément dans le métabolisme des micro-organismes ;
- l'origine de la matière organique du sol (origine herbacée, annuelle ou pérenne ; origine ligneuse) n'aurait que très peu d'importance sur la production de phosphore assimilable dans le sol ;

- la production de phosphore assimilable dans le sol s'opère indifféremment de l'état dans lequel se trouvent les composés organiques (composés nouvellement incorporés au sol, ou composé plus ou moins fortement remaniés).

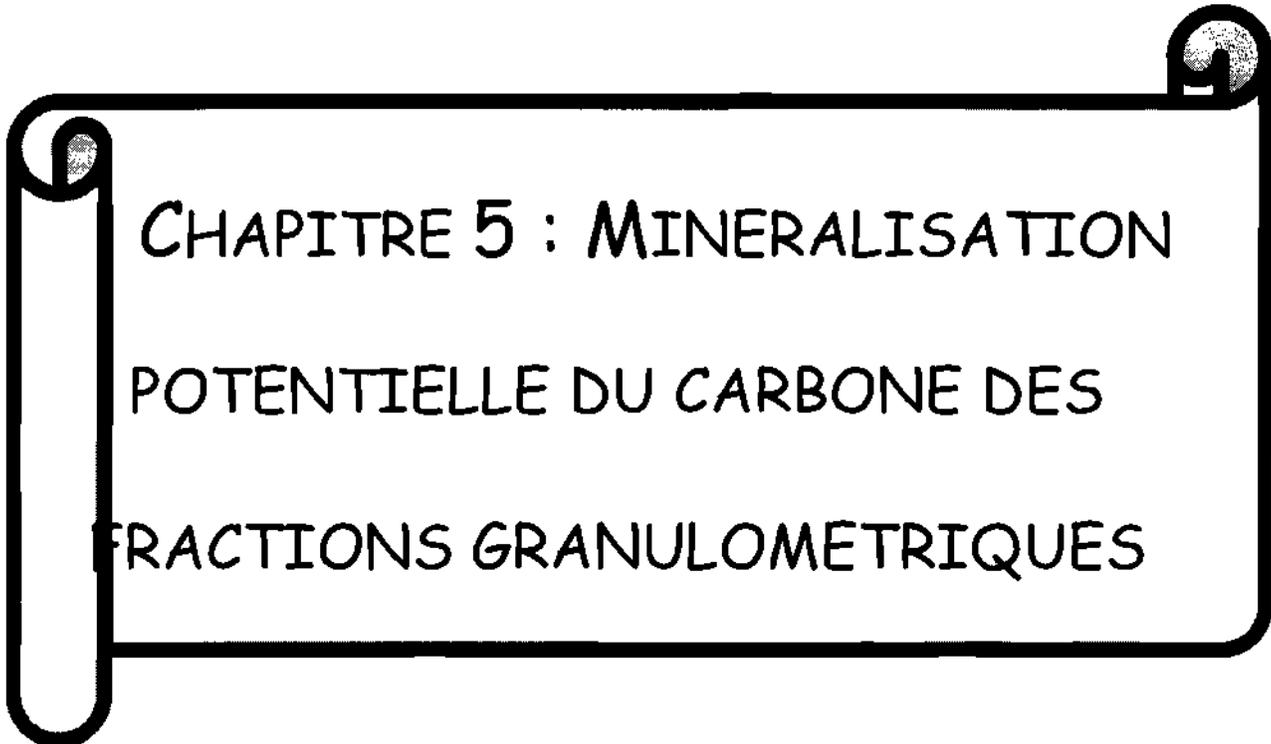
Ces résultats corroborent avec les travaux de la littérature indiquant que la disponibilité du phosphore dans le sol serait (en dehors des facteurs liés à la plante) essentiellement due à des facteurs physico-chimiques tels que l'aération, la teneur et la nature des argiles, la température, l'humidité, la teneur en certains éléments minéraux (calcium, zinc, sulfure, ammonium), le pH du sol (Bationo, 1996 ; Compaoré *et al.*, 1997). Nos résultats indiquent que le rapport fractions grossières/fractions fines reste pratiquement constant jusqu'au stade jachère 40 ans, où une baisse sensible du contenu en phosphore assimilable des fractions grossières est observée. Le déstockage du phosphore, lié au métabolisme microbien et/ou à la modification des conditions pédoclimatiques ne s'opérerait qu'après environ 30 ans d'abandon cultural.

#### **4.4. Conclusion**

La contribution des fractions organo-minérales grossières (fractions > 20  $\mu\text{m}$ ) au stock du phosphore assimilable (63 à 84 %) est élevée, contrairement à ce qui est observé pour le carbone et l'azote. L'évolution progressive du stock du carbone organique du sol au cours des périodes de jachère ne semble pas se traduire par une évolution similaire du stock du phosphore assimilable, élément pourtant limitant de la production des écosystèmes de savane. Ceci pourrait s'expliquer probablement par la faible importance des besoins des communautés microbiennes pour cet élément, et par la nature physico-chimique des sols étudiés. On comprendrait alors pourquoi le phosphore demeure un élément déficient, et pourquoi, même apporté sous forme minérale, sa libération est lente dans le sol.



TROISIEME PARTIE : ETUDE DE LA  
DISPONIBILITE BIOLOGIQUE DES  
NUTRIMENTS



CHAPITRE 5 : MINERALISATION  
POTENTIELLE DU CARBONE DES  
FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

## V. MINÉRALISATION POTENTIELLE DU CARBONE DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES

### 5.1. Introduction

La productivité des écosystèmes naturels repose sur l'étroitesse des relations entre végétation et activité biologique du sol. Elle implique des processus fondamentaux encore mal compris par les écologues et rarement explorés par les agronomes : ce sont par exemple, le cycle interne des nutriments, la dynamique de la matière organique (Anderson et Ingram, 1989 ; Feller, 1995).

Jusqu'ici nous avons étudié, la dynamique de la matière organique du sol (carbone organique et azote total), en termes d'évolution (quantitative et qualitative) des stocks associés aux diverses fractions granulométriques ; nous ne nous sommes pas préoccupés de leur réel état d'accessibilité à la fois physique et chimique vis-à-vis des microorganismes décomposeurs du sol, c'est à dire de leur aptitude à la biodégradation. Nous avons montré (Chapitre III) qu'au cours de la reconstitution de l'écosystème post-cultural, l'enrichissement relatif du sol en matière organique était le fait d'une accumulation de composés organiques faiblement ou difficilement minéralisables, dans les fractions granulométriques fines (fractions inférieures à 20 $\mu$ m).

Ce chapitre introduit une autre dimension : la détermination de la contribution potentielle des différentes fractions organo-minérales à la minéralisation du carbone organique du sol. L'objectif en effet est de comprendre les déterminismes microbiens qui pilotent la biodégradabilité de la matière organique du sol, en mettant en exergue la valeur *intrinsèque actuelle* de chaque particule organique.

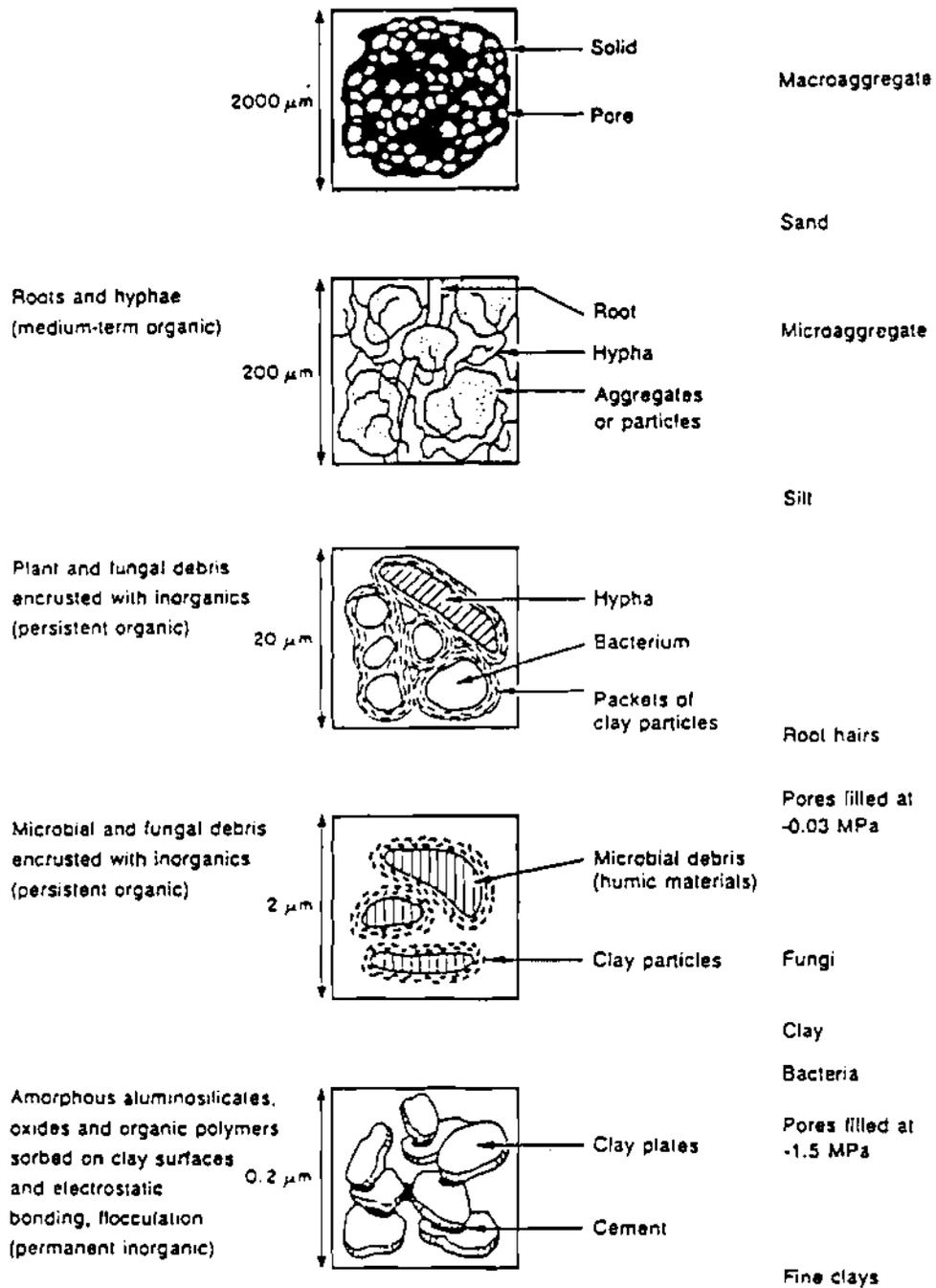


Figure 7 : Schémas des modes d'agrégation des particules dans le sol (*in* Paul et Clark, 1989)

## 5.1. Choix de l'approche

Pour la microflore hétérotrophe, l'accomplissement des fonctions vitales implique fortement la matière organique du sol. Mais du fait de l'organisation des particules dans le sol, la matière organique peut se retrouver "emprisonnée" (Figure 7), et être ainsi physiquement protégée de l'attaque microbienne (Tisdall et Oades, 1982 ; Chistensen, 1987 ; Elliot et Coleman, 1988 ; Nacro, 1997). Par ailleurs, il est clairement établi que le système de porosité du sol engendre souvent des micro-habitats pour les micro-organismes du sol (Foster, 1988, *in* Nacro, 1997 ; Paul et Clark, 1989 ; Jocteur-Monrozier *et al.*, 1991). De ce point de vue, la structure du sol module l'accessibilité physique des substrats organiques vis-à-vis de la microflore hétérotrophe, et donc à la fois, l'activité intrinsèque des micro-organismes qui s'y trouvent.

Afin de prendre en compte cet état de choses dans l'étude de la matière organique du sol, l'application des possibilités offertes par le fractionnement granulométrique a été mise à profit par la plupart des auteurs. Certains comme Gregorich *et al.* (1989), Beare *et al.* (1994b), Cambardella et Elliott (1994) l'ont utilisé pour étudier, par destruction séquentielle des agrégats, l'effet des agrégations sur les activités microbiennes. D'autres auteurs (Cameron et Posner, 1979 ; Gupta et Germida, 1988 ; Christensen et Christensen, 1991 ; Lensi *et al.*, 1994 ; Nacro, 1997) l'ont mise en œuvre pour étudier l'effet de la qualité des composés organiques sur les activités microbiennes. Dans le dernier type de travaux, la démarche mise en œuvre a essentiellement consisté à mesurer les activités de minéralisation dans des fractions organo-minérales incubées séparément. Mais selon Nacro *et al.* (1996), une telle approche ne rend compte que de l'activité potentielle d'une communauté microbienne inféodée à une classe granulométrique donnée, et ne permet pas d'estimer véritablement la contribution de la dite classe à l'activité biologique globale du sol. En effet, il est probable que l'activité biologique au sein d'une fraction granulométrique soit largement dictée par des interactions que celle-ci entretient avec les autres fractions, ne serait-ce que par l'intermédiaire de transferts de substrats solubles ou de micro-organismes.

Ces auteurs (Nacro *et al.*, 1996) ont donc proposé une approche indirecte, qui consiste à estimer la contribution de chaque fraction organo-minérale par la comparaison de l'activité biologique (minéralisation du carbone, accumulation de l'ammonium, des nitrites + nitrates)

d'un sol incomplet (privé d'une fraction donnée), et de celle d'un sol complet contenant toutes les fractions (sol entièrement reconstitué après le fractionnement granulométrique). C'est cette approche que nous avons choisie parce qu'elle permet une meilleure caractérisation de la nature intrinsèque des fractions organo-minérales du sol.

## 5.2. Matériel et méthodes

Le matériel utilisé est constitué d'échantillons de sol correspondant aux sols incomplets obtenus selon NACRO *et al.* (1996) suivant la procédure suivante : les différentes fractions organo-minérales obtenues à la suite du fractionnement granulométrique (Chapitre III) sont regroupées en omettant à chaque fois l'une d'entre elles, cette dernière étant remplacée par du sable neutre de laboratoire (sable de Fontainebleau). Les prises des différentes fractions pour la constitution des sols incomplets de chaque jachère sont équivalentes en masse, au pourcentage pondéral qu'elles représentent dans le sol non fractionné (Tableau 1).

L'étude de l'activité biologique sera conduite sur cinq échantillons de sol diversement reconstitués (2 répétitions) :

- un témoin *normal* : sol n'ayant pas subi de modification (TN)
- un témoin totalement reconstitué, rassemblant les quatre fractions (TR)
- un échantillon sans la fraction inférieure à 20  $\mu\text{m}$  (S<sub>1</sub>)
- un échantillon sans la fraction comprise entre 20 - 50  $\mu\text{m}$  (S<sub>2</sub>)
- un échantillon sans la fraction comprise entre 50 - 200  $\mu\text{m}$  (S<sub>3</sub>)
- un échantillon sans la fraction supérieure à 200  $\mu\text{m}$  (S<sub>4</sub>)

On trouvera en annexe 2 beaucoup plus de détails relatifs à la constitution des sols incomplets.

L'estimation des activités respirométriques endogènes permet d'accéder directement à la quantité de carbone organique minéralisable dans le sol par la microflore hétérotrophe (Dommergues, 1968 ; Legay et Schaeffer, 1983).

La minéralisation potentielle du carbone a été mesurée selon Chaussod et Nicolardot (1982). Il s'agit d'une méthode fiable (Roméo, 1995), qui se prête aux analyses de routine. Le protocole est le suivant :

50 g de sol, ramenés à une humidité correspondant à 80 % de l'humidité équivalente sont introduits dans un bocal en verre dans lequel sont placés deux flacons dont l'un en verre contient 20 ml de NaOH (0,1 N) et l'autre en plastique 15 ml d'eau distillée afin de maintenir l'humidité dans l'enceinte proche de l'optimum pour l'activité biologique des échantillons (Nicolardot, 1983). Puis le bocal hermétiquement fermé est placé à l'étuve pour incubation pendant 3 semaines à l'obscurité, à 28 °C ( $\pm 0,5^\circ$  C). Le CO<sub>2</sub> dégagée est piégée par la soude sous forme de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (bicarbonate de sodium). A intervalle régulier (7, 14 et 21 jours), le Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> formé est précipité par du chlorure de baryum (BaCl<sub>2</sub>, 3 %), puis la quantité résiduelle de soude est entièrement dosée par titrimétrie à l'aide d'une solution d'acide chlorydrique, en présence phénolphtaléine.

La quantité (Q) de carbone minéralisé est obtenue par calcul selon la formule suivante :

$$Q \text{ (mg/100 g sol)} = (V_{\text{blanc}} - V_{\text{échantillon}}) \times 12/2 \times N \quad \text{où :}$$

$V_{\text{blanc}}$  représente le volume moyen de HCl pour le blanc (témoin) ;

$V_{\text{échantillon}}$ , le volume moyen de HCl pour l'échantillon et ;

N : la normalité de HCl (0,1N).

Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g de sol}$ .

### 5.3. Résultats

Les quantités de carbone minéralisé dans les différents sols après 21 jours d'incubation, sont présentés dans le tableau 6. Les résultats détaillés pour toute la période d'incubation sont présentés en annexe (Annexe 3). Pour toutes les jachères, la quantité de carbone minéralisé dans les deux témoins TR et TN varie significativement ( $P < 0,05$ ). Elle est plus élevée dans les témoins reconstitués (TR) que dans les témoins normaux (TN).

**Tableau 6 :** Minéralisation (21 jours) du carbone dans les sols incomplets et dans les deux témoins ( $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol sec}$ ). L'écart type est donné entre parenthèses.

Sols	Jachères					
	J6	J10	J20	J30Aa	J30 Cp	J40
S <sub>1</sub>	43,20 (6,79)	66,00 (16,97)	28,80 (3,39)	63,00 (2,55)	45,80 (3,68)	42,00 (2,55)
S <sub>2</sub>	112,80 (3,39)	112,20 (2,55)	78,6 (2,55)	109,20 (1,70)	158,40 (5,09)	129,60 (10,18)
S <sub>3</sub>	104,40 (1,70)	116,31 (11,75)	85,20 (3,39)	116,40 (1,70)	149,40 (4,24)	141,60 (6,79)
S <sub>4</sub>	100,80 (8,49)	111,00 (4,24)	94,20 (0,85)	106,20 (0,85)	140,40 (5,09)	137,40 (7,64)
<b>TR</b>	<b>124,80</b> <b>(3,39)</b>	<b>122,00</b> <b>(14,71)</b>	<b>80,20</b> <b>(3,68)</b>	<b>124,20</b> <b>(2,55)</b>	<b>162,00</b> <b>(6,79)</b>	<b>144,00</b> <b>(5,09)</b>
<b>TN</b>	<b>89,7</b> <b>(1,17)</b>	<b>109,8</b> <b>(2,97)</b>	<b>51,0</b> <b>(1,36)</b>	<b>108,6</b> <b>(3,01)</b>	<b>94,2</b> <b>(2,18)</b>	<b>97,6</b> <b>(1,62)</b>

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans. TR : sol témoin entièrement reconstitué ; TN : sol témoin *normal* (Sol Non fractionné) ; S<sub>x</sub> : sols incomplets

Globalement, le retrait d'une fraction donné entraîne une baisse de l'activité de minéralisation du carbone ; cette baisse est toujours plus forte (46 à 72%) pour les sols privés de fractions fines (< 20  $\mu\text{m}$ ). On observe cependant une situation où l'activité respirométrique des sols incomplets est supérieure (6 à 17%) à celle du témoin reconstitué : c'est le cas de la jachère dite de 20 ans (S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub>).

Les résultats montrent que l'activité respirométrique varie en fonction de la fraction organo-minérale manquante, indiquant ainsi le poids de chaque fraction dans l'activité biologique globale du sol. On peut estimer la contribution à la minéralisation du carbone d'une fraction organo-minérale donnée selon l'équation (Nacro, 1997) :

$$C_{mfi} = C_{mT} - C_{mi} \quad \text{où:}$$

$C_{mfi}$  est la contribution de la fraction i à la quantité totale de carbone minéralisé;

$C_{mT}$ , la quantité totale du carbone minéralisé dans le sol témoin reconstitué, et

$C_{mi}$ , la quantité de carbone minéralisé dans le sol incomplet où la fraction  $i$  est absente ( $S_1$  à  $S_4$ ).

Les résultats pour toute la période d'incubation (21 jours) sont reportés dans le tableau 7. L'ensemble des résultats détaillés est présenté en annexe (Annexe 4).

**Tableau 7 :** Contributions (calculées) des fractions à la minéralisation du carbone organique après 21 jours d'incubation ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol sec}$ ). L'écart type est donné entre parenthèses.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachère					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	24,00 (11,88)	11,00 (10,47)	-14,00 (4,53)	18,00 (1,70)	21,60 (1,70)	6,6 (12,73)
50 - 200	20,40 (1,70)	5,69 (2,96)	-5,00 (0,28)	7,80 (0,85)	12,60 (2,55)	2,40 (1,70)
20 - 50	12,00 (0,00)	9,80 (17,25)	1,60 (1,13)	15,00 (0,85)	3,60 (1,70)	14,40 (1,27)
< 20	81,60 (3,39)	56,00 (2,26)	51,40 (7,07)	61,20 (5,09)	116,20 (10,47)	101,40 (7,64)
<b>Somme</b>	<b>138,00</b>	<b>82,49</b>	<b>34,00</b>	<b>102,00</b>	<b>154,00</b>	<b>124,80</b>
<b>TR</b>	<b>124,80</b> (3,39)	<b>122,00</b> (10,71)	<b>80,20</b> (3,68)	<b>124,20</b> (2,55)	<b>162,00</b> (6,79)	<b>144,00</b> (5,09)

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TR : témoin reconstitué.

On observe que les fractions fines ont les plus fortes contributions à la minéralisation du carbone : 51 à 116  $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol}$  contre seulement 2 à 24  $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g sol}$  pour les fractions supérieures à 20  $\mu\text{m}$ . La plus forte contribution est observée pour la jachère J30cp, et la plus faible pour la jachère J20. Les contributions des différentes fractions sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ) pour une même jachère, et d'une jachère à l'autre.

## 5.4. Discussions

### 5.4.1. Bilan de la minéralisation du carbone

Des résultats montrant que la somme des contributions des fractions est égale à l'activité exprimée par le témoin reconstitué sont signalés dans la littérature (Christensen, 1987 ; Nacro *et al.*, 1996). Dans notre cas, les sommes des contributions potentielles des différentes fractions sont de 5 à 58% inférieures aux quantités de carbone minéralisées dans les témoins reconstitués. Des résultats indiquant un bilan négatif (somme des contributions des fractions inférieures au témoin) sont signalés dans la littérature (Grégorich *et al.*, 1989 ; Feller, 1995). Exception faite de la jachère J20, les différences observées sont comparables à celles de la littérature. La jachère J20 est un cas particulier : en effet, elle est soumise à une pression animale forte, et la couverture végétale reste "bloquée" au stade *Andropogon gayanus*, alors qu'elle aurait dû évoluer (Somé, 1996). La forte différence observée entre la somme des contributions des fractions et le témoin, pourrait être liée à la disponibilité des nutriments. Le retrait d'une fraction organo-minérale donnée limiterait les interactions, et donc l'activité respirométrique global du sol incomplet. Par contre sont lorsque tous les fractions sont présentes comme c'est le cas dans le témoin reconstitué, ces interactions stimulent l'activité biologique.

Par contre, au niveau de la jachère de 6 ans, on observe que la somme des contributions des fractions est supérieure (11%) à l'activité minéralisatrice du sol total (témoin reconstitué). On trouve également dans la littérature des résultats similaires (Christensen et Christensen, 1991). Les deux situations (somme des fractions supérieure ou inférieure au témoin) suggèrent que l'on se trouve en présence de deux types d'interactions :

- des interactions qui inhiberaient l'activité biologique lorsque toutes les fractions sont présentes : c'est le cas pour la jachère de 6 ans dominée par des graminées annuelles ;
- des interactions favorables à l'expression de l'activité biologique globale, comme c'est le cas pour les autres stades de la jachère, successivement dominées par des graminées pérennes, des sous ligneuses et des ligneuses.

Les résultats que nous avons obtenus suggèrent que les conditions d'incubation d'une fraction dans le sol incomplet sont différentes de ce qu'elles auraient été dans le sol complet. Les processus de minéralisation du carbone dans chaque fraction granulométrique sont sous l'influence de ce qui s'opère dans le reste du sol, et vice versa. Le niveau élevé de l'activité des sols incomplets (quantité de carbone minéralisée supérieure à celle du témoin entièrement reconstitué) n'est que le reflet des interactions existant entre les différentes fractions dans le sol. Ces interactions sont fonctions des communautés microbiennes en présence. L'augmentation des activités de minéralisation du carbone pourrait être liée à une synergie entre les populations microbiennes associées aux différentes fractions (Auger *et al.*, 1992 ; Schneider, 1994 ; Killham, 1994 ; Nacro *et al.*, 1996).

*Le changement de la couverture végétale influencerait donc la dynamique de la matière organique du sol, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.*

#### ***5.4.2. Minéralisation potentielle du carbone organique des fractions granulométriques du sol***

Pour une même jachère, les contributions des fractions à la minéralisation du carbone varient significativement ( $P < 0,05$ ). Les différents états physiques (répartition en classes de tailles) des composés organiques dans le sol, sont donc aussi le reflet de leur qualité biologique (aptitude à la minéralisation). Ceci confirme bien les travaux de la littérature (Christensen et Christensen, 1991 ; Hassink, 1992 ; Feller, 1995 ; Lensi *et al.*, 1994 ; Nacro *et al.*, 1996).

Lorsque l'on observe les contributions des fractions en fonction des stades de jachère, il apparaît que hors mis la fraction 20-50  $\mu\text{m}$ , les contributions de toutes les fractions sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ). La qualité biologique des composés organiques est donc également fonction du stade de jachère, c'est à dire aussi de la nature des apports organiques. *Les successions végétales post-culturelles réguleraient alors la disponibilité des nutriments dans le sol.* Pourtant, Nacro (1997) a montré que l'origine ligneuse ou herbacée de la matière organique n'avait que peu d'influence sur la disponibilité à court terme des

nutriments. La nature de la couverture végétale, et des communautés microbiennes en présence, pourrait expliquer ces résultats contradictoires.

Globalement, 44% des activités respirométriques sont assurées par les fractions grossières ; l'essentiel de l'activité biologique global du sol serait donc le fait (56%) des fractions organo-minérales fines. Cela peut se comprendre dans la mesure où le niveau de l'activité biologique est entre autre lié à la quantité des composés organiques présents. Or nous avons montré que l'essentiel des composés organiques est stocké dans les fractions fines. En réalité, pour mieux apprécier le potentiel de minéralisation d'une fraction organo-minéral donnée, il faudrait rapporter la quantité de carbone minéralisé à la quantité de carbone organique initialement présente : c'est le coefficient de minéralisation (Dommergues, 1960) calculé selon la formule :

$$\frac{C - CO_2 (\mu g / g \text{ sol})}{C (\mu g / g \text{ sol})} \times 100 \quad \text{où:}$$

$C - CO_2$  représente la quantité de carbone minéralisé sous forme de  $CO_2$  et,

$C$  la quantité initiale de carbone organique.

Les coefficients de minéralisation des différentes fractions sont présentés dans le tableau 8.

**Tableau 8 :** Variation du coefficient de minéralisation du carbone organique (%) des fractions granulométriques et des témoins, en fonction des stades de jachère.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachère					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	2,93	1,23	nd	1,43	2,94	1,00
50 - 200	4,32	0,79	nd	1,14	1,66	0,62
20 - 50	2,07	1,31	0,41	1,73	0,46	3,16
< 20	2,56	1,37	2,10	1,68	3,15	4,32

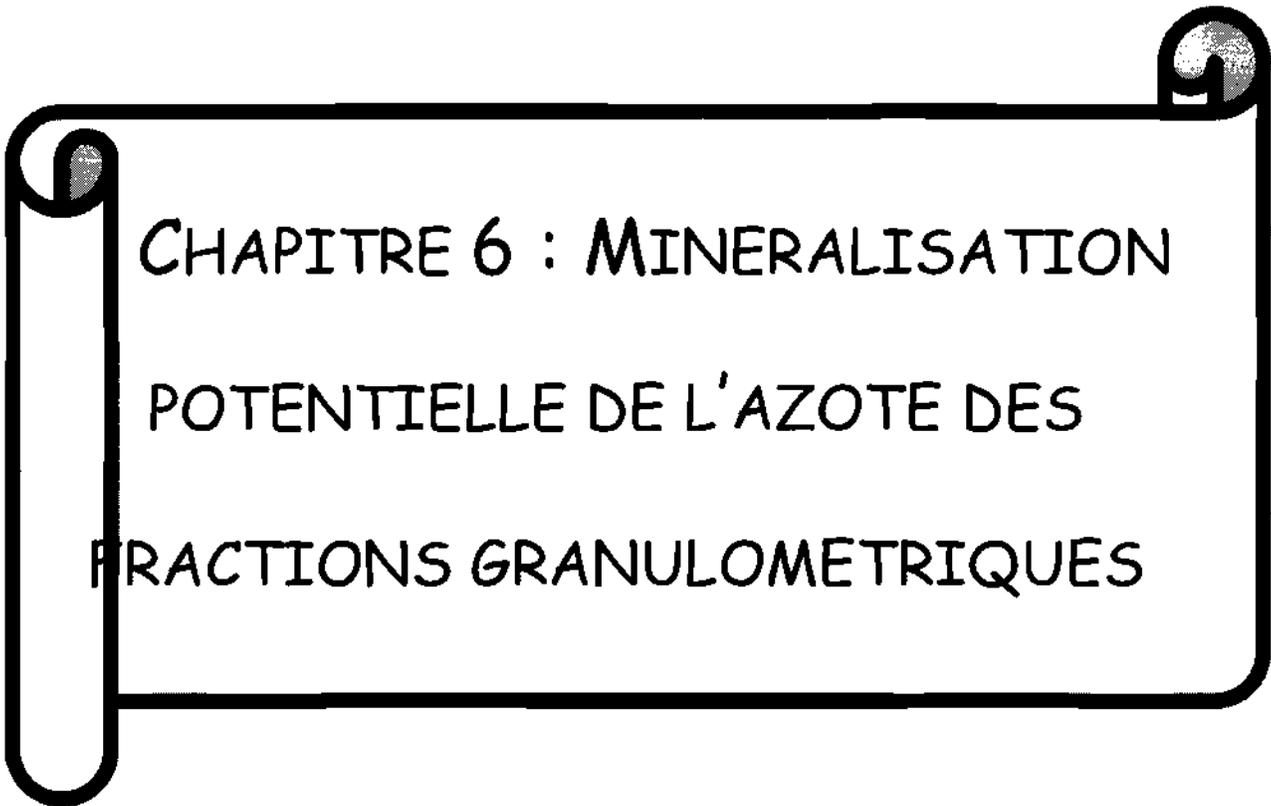
nd : non déterminé

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascimodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Coclospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans.

Les résultats obtenus montrent qu'après 3 semaines d'incubation, les coefficients de minéralisation du carbone varient de 0,46% à 4,32% : la plus faible valeur est observée sous la jachère de 30 ans dominée par *C. planchonii*, et la plus forte sous les jachères de 6 et de 40 ans. De façon générale, la biodégradabilité des fractions est plus élevée sous la jachère de 6 ans, mais aucune tendance nette d'évolution ne peut être dégagée. Les coefficients des fractions fines ne sont pas fondamentalement différents de ceux des fractions grossières : en somme, les deux compartiments organiques auraient la même aptitude à la biodégradation. Ceci signifie que les composés organiques associés aux fractions fines, n'ont pas encore subi un nombre élevé de transformations microbiennes. Cela se comprend aisément car nous sommes en situation de jachère avec des apports annuels de matière organique. Il est évident que les micro-organismes en présence dégraderont de préférence les composé organiques nouvellement incorporés au sol car la dépense énergétique qui en découle est nettement plus faible. Des composés organiques d'origine plus ancienne sont ainsi stockés dans les fractions fines tout en gardant une certaine aptitude à la biodégradation, en tout cas à court terme. Des travaux complémentaires (incubation à long terme, mise en culture de jachère d'âges variés) sont nécessaires pour mieux apprécier les effets de la jachère sur la disponibilité des nutriments dans le sol.

## 5.5. Conclusion

Les fractions organo-minérales influencent différemment les processus de minéralisation du carbone organique au cours des périodes de jachère, mais de façon générale elles présentent toutes, une bonne aptitude à la biodégradation. La caractérisation biologique des composés organiques par l'entremise du potentiel de minéralisation du carbone indique une influence des successions végétales post-culturelles sur la disponibilité des nutriments dans le sol. Le changement de la couverture végétale influencerait donc la dynamique de la matière organique du sol, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.



CHAPITRE 6 : MINERALISATION  
POTENTIELLE DE L'AZOTE DES  
FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

## VI. MINÉRALISATION POTENTIELLE DE L'AZOTE DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES

### 6.1. Introduction

Comme nous l'avons rappelé plus haut, les sols tropicaux sont caractérisés surtout par leur carence en azote (Piéri, 1989 et 1991). Cet élément étant, plus que tout autre, soumis à une régulation biologique dans les écosystèmes naturels, il est important de pouvoir apprécier le niveau de la production d'azote minéral dans les systèmes visant à restaurer la fertilité des sols. L'appréciation de l'évolution spatio-temporelle de la minéralisation de l'azote à l'échelle de la particule, constitue une voie d'investigation de la disponibilité de cet élément au cours de l'installation de la jachère. Classiquement, l'aptitude des fractions organo-minérales à la production d'azote minérale est évaluée par des incubations séparées ; les limites d'une telle approche ayant été signalées par Nacro *et al.* (1996), nous avons opté pour la méthode proposée par ces auteurs et décrite plus haut.

### 6.2. Matériel et méthodes

La quantification des transformations par voie biologique de l'azote organique du sol a été effectuée parallèlement à la mesure du dégagement de CO<sub>2</sub>. Après le dosage du CO<sub>2</sub> dégagé, l'azote minéral total (ammonium et nitrate+nitrite) accumulé durant toute la période d'incubation (21 jours) est déplacé et extrait par une solution de chlorure de potassium (KCl) selon la procédure suivante : après la dernière mesure de CO<sub>2</sub>, 20 ml de KCl 1N sont immédiatement ajoutés à 10 g de sol. Le mélange est immédiatement agité pendant 1 heure (300 mouvements par minute), puis centrifugé à 10 rpm pendant cinq minutes avant d'être filtré sur filtre en microfibrilles de verre GF/C (Whatman® ; diamètre des pores = 1,2).

La quantification de l'azote ammoniacal a été obtenue par réaction avec la dichloroisocyanurate de sodium (un agent chlororant) : l'ammoniaque transformé en monochloramine réagit avec le salicylate de sodium pour former la 5-aminosalicylate. Celle-

ci après oxydation donne sous l'action d'un acide salicylique, en présence d'un pseudo-catalyseur, le nitroprusside de sodium, un complexe vert dont l'intensité de la coloration reste proportionnelle à la concentration des échantillons en ammonium. On dose ensuite le complexe obtenu entièrement par colorimétrie (SKALAR Auto Analyser, type 4000) à 660 nm (Krom, 1980).

La quantification de nitrate+nitrite a été obtenue entièrement par colorimétrie (SKALAR Auto Analyser, type 4000) à 540 nm (Walinga *et al.*, 1989), d'un complexe diazo, formé par réaction de la totalité de nitrate+nitrite (présent avant ou libéré durant l'incubation) avec du sulphanilamide et de l'alpha naphtyl-éthylènediamine dihydrochloride. Toutes les réactions se déroulent à basse température (environ 40°C), l'intensité de la coloration rose variant en fonction de la concentration des échantillons en nitrate+nitrite.

Tous les résultats obtenus sont exprimés en  $\mu\text{g N-NH}_4^+$  et  $\mu\text{g N}-(\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-)/\text{g}$  de sol.

### 6.3 Résultats

Les quantités moyennes d'azote minéral total accumulé en 21 jours dans les différents sols sont consignées dans le tableau 9. Les résultats détaillés sont présentés en Annexe 5.

**Tableau 9 :** Accumulation brute de l'azote minéral total dans les sols incomplets et dans les deux sols témoins ( $\mu\text{gN-}/\text{g sol sec}$ ). L'écart type est donné entre parenthèses.

Sols incomplets	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
S <sub>1</sub>	5,87 (0,43)	6,66 (0,60)	7,27 (0,07)	8,61 (0,39)	8,08 (1,11)	10,13 (0,61)
S <sub>2</sub>	21,86 (0,75)	28,32 (0,88)	23,80 (2,46)	27,82 (1,61)	27,01 (0,38)	26,99 (0,30)
S <sub>3</sub>	21,11 (1,53)	26,69 (5,16)	19,76 (3,83)	27,13 (1,05)	25,59 (0,38)	30,54 (1,11)
S <sub>4</sub>	22,44 (1,39)	32,01 (2,44)	24,89 (0,98)	29,49 (0,33)	29,78 (1,34)	32,95 (1,35)
TR	<b>23,37</b> (0,74)	<b>31,87</b> (0,17)	<b>24,19</b> (0,53)	<b>40,00</b> (0,44)	<b>30,23</b> (0,21)	<b>17,30</b> (2,96)
TN	<b>35,61</b> (1,06)	<b>53,75</b> (1,32)	<b>47,25</b> (0,69)	<b>75,78</b> (2,55)	<b>67,74</b> (0,44)	<b>31,39</b> (1,98)

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon asciodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TR : témoin reconstitué ; TN : témoin normal (sol non fractionné).

Excepté les sols privés de la fraction fine (S<sub>1</sub>), aucune différence significative ( $P < 0,05$ ) n'est observée entre les différents sols d'une même jachère. Le retrait des fractions grossières ne semble modifier aucunement le processus de minéralisation de l'azote. En effet, au bout de 3 semaines d'incubation l'accumulation brute de l'azote minéral total (ammonium + nitrate + nitrite) dans les sols incomplets privés des fractions grossières est globalement comparable à celle opérée dans les sols reconstitués. On observe qu'en moyenne 94% de cet azote minéral est sous forme d'ammonium dans les sols reconstitués, contre 58% dans les sols non fractionnés (Tableau 10).

**Tableau 10** : Accumulation brute de l'azote ammoniacal dans les sols incomplets et dans les deux sols témoins ( $\mu\text{g N-NH}_4/\text{g sol}$ ). L'écart type est précisé entre parenthèses.

Sols	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
S <sub>1</sub>	5,59 (0,43)	17,32 (12,30)	13,41 (10,20)	8,32 (0,43)	7,41 (0,86)	8,93 (0,43)
S <sub>2</sub>	19,16 (0,68)	27,73 (1,04)	19,40 (6,58)	27,00 (3,47)	26,75 (0,35)	26,51 (0,69)
S <sub>3</sub>	20,13 (1,39)	27,24 (6,58)	21,85 (1,73)	27,01 (0,03)	25,28 (0,35)	30,18 (1,04)
S <sub>4</sub>	19,40 (1,04)	29,20 (1,04)	22,58 (0,69)	28,47 (0,69)	28,96 (0,69)	31,90 (1,39)
TR	<b>20,62</b> <b>(2,08)</b>	<b>17,82</b> <b>(16,43)</b>	<b>15,69</b> <b>(12,57)</b>	<b>31,65</b> <b>(0,35)</b>	<b>29,31</b> <b>(0,50)</b>	<b>16,44</b> <b>(23,25)</b>
TN	<b>28,75</b> <b>(0,04)</b>	<b>51,92</b> <b>(1,73)</b>	<b>18,82</b> <b>(1,73)</b>	<b>51,92</b> <b>(3,47)</b>	<b>38,68</b> <b>(0,35)</b>	<b>12,20</b> <b>(1,04)</b>

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TR : témoin reconstitué ; TN : témoin normal (sol non fractionné) ; S<sub>x</sub> : Sol incomplet.

L'évolution de l'ammonification dans les sols reconstitués, est d'abord régressive dans les stades jeunes de la jachère (6 à 20 ans), atteint son maximum après trente ans d'abandon cultural sous écosystème dominé par *Andropogon ascinodis*, avant d'être à nouveau régressive. Par contre, dans les sols non fractionnés l'ammonification atteint son maximum dès le stade jachère de 10 ans, avant d'être régressive jusqu'au stade jachère de 40 ans.

La contribution de chaque fraction à la production d'azote minéral total pour toute la période d'incubation été obtenue à partir de l'équation (Nacro, 1997) :

$$N_{mi} = N_{mT} - N_{mi} \quad \text{où :}$$

$N_{mi}$  représente la contribution de la fraction  $i$  à la quantité totale d'azote minéralisé ;

$N_{mT}$  , la quantité totale d'azote minéralisé dans le sol témoin reconstitué TR ;

$N_{mi}$ , la quantité d'azote minéralisé dans le sol incomplet où la fraction  $i$  est absente ( $S_1$  à  $S_4$ ).

La contribution potentielle de chaque type de fraction est reportée dans le tableau 11. Pour une jachère donnée, la contribution des fractions à la production d'azote minérale total présente deux valeurs maxima, l'un dans la fraction organo-minérale 50 – 200  $\mu\text{m}$  (1,26 à 5,18  $\mu\text{g N /g sol}$ ) et l'autre dans la fraction organo-minérale < 20  $\mu\text{m}$  (7,17 à 25,20  $\mu\text{g N /g sol}$ ). Les contributions des fractions sont plus élevées dans les jachères de 10 ans (3,55 à 25,20  $\mu\text{g N /g sol}$ ) et de 30 ans (2,51 à 23,39  $\mu\text{g N /g sol}$ ) que dans les autres jachères. Exception faite de la jachère de 10 ans et de la jachère de 30 ans dominée par *Chochlospermum planchonii*, les sommes des contributions des fractions à la production d'azote minéral total sont inférieures aux quantités d'azote minéralisé dans les témoins reconstitués TR.

**Tableau 11** : Contributions brutes (calculées) des fractions granulométriques à l'accumulation de l'azote minérale total ( $\mu\text{g N-g sol}$ ) dans les différents sols. L'écart type est donné entre parenthèses.

Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachère					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	0,93 (0,65)	-0,14 (2,28)	-0,70 (0,45)	2,51 (0,77)	0,46 (1,55)	-15,65 (22,61)
50 - 200	1,26 (0,79)	5,18 (4,99)	4,43 (4,36)	4,87 (0,61)	4,64 (0,59)	-13,24 (22,85)
20 - 50	0,51 (1,49)	3,55 (1,04)	0,39 (2,99)	4,18 (3,17)	3,22 (0,17)	-9,70 (23,67)
< 20	16,49 (1,17)	25,20 (0,43)	16,91 (0,60)	23,39 (0,83)	22,15 (1,21)	7,17 (23,35)
<b>Somme</b>	<b>19,19</b>	<b>33,79</b>	<b>21,03</b>	<b>33,95</b>	<b>30,47</b>	<b>-31,42</b>
<b>TR</b>	<b>23,37</b> <b>(0,74)</b>	<b>31,87</b> <b>(0,17)</b>	<b>24,19</b> <b>(0,53)</b>	<b>40,00</b> <b>(0,44)</b>	<b>30,23</b> <b>(0,21)</b>	<b>17,30</b> <b>(23,96)</b>

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TR : témoin reconstitué.

## 6.4. Discussions

### 6.4.1. Bilan de la minéralisation de l'azote

La comparaison des quantités de l'azote minéral total accumulées dans les sols témoins révèle que le fractionnement granulométrique a provoqué en moyenne une réduction de 32 % de l'activité de minéralisation de l'azote. Ceci pourrait être attribué à la perte de composés hydrosolubles ou à la réorganisation de l'azote minéral initialement présent dans le sol.

Dans la plus part des cas (J6, J20, J30Aa et J30Cp) la somme des contributions des fractions est inférieure (1 à 22%) à la quantité d'azote minéral total accumulée dans le témoin reconstitué. Les résultats de la littérature portant sur des fractions incubées séparément, ou intégrés dans des sols incomplets, sont contradictoires. Certains auteurs ont obtenu une similarité entre la quantité d'azote minérale accumulée dans le sol total et la somme des contributions des fractions (Catroux et Schnitzer, 1987 ; Christensen et Christensen, 1991 ; Nacro, 1997). D'autres par contre (Gregorich *et al.*, 1989 ; Feller, 1995), y ont relevé une grande disparité.

#### **6.4.2. Contribution des fractions à la minéralisation de l'azote**

La contribution des fractions organo-minérales à la production d'azote minéral total du sol augmente des fractions grossières aux fractions fines. L'aptitude des composés organiques à la production d'azote minéral total dans le sol serait donc inversement proportionnel à la taille des particules minérales auxquelles elles sont associées. Deux hypothèses peuvent être émises :

- les composés organiques d'origine récente et associés aux particules grossières du sol n'induisent aucune activité notable de production d'azote minéral. Ce qui nous paraît somme toute invraisemblable ;
- ces composés organiques, comme le bon sens le laisse supposer entraîne une production d'azote minéral, mais celle-ci est masquée par une forte immobilisation de l'azote minéral (initiale + nouvelle production) qu'induit la décomposition de substrats à C/N élevé comme c'est le cas ici pour les fractions grossières (Tableau 4).

L'analyse de variance ne révèle aucun effet significatif ( $P < 0,05$ ) du stade de jachère sur l'aptitude des fractions à la production d'azote minéral total. Toutefois, on peut remarquer que :

- les plus fortes contributions sont observées pour les fractions des jachères de 10 ans (3,55 à 25,20  $\mu\text{g N/g sol}$ ) et de 30 ans (2,51 à 23,39  $\mu\text{g N/g sol}$ ) ;
- les fortes accumulations d'azote minéral se sont opérées dans les sols des jachères de 10 et 30 ans.

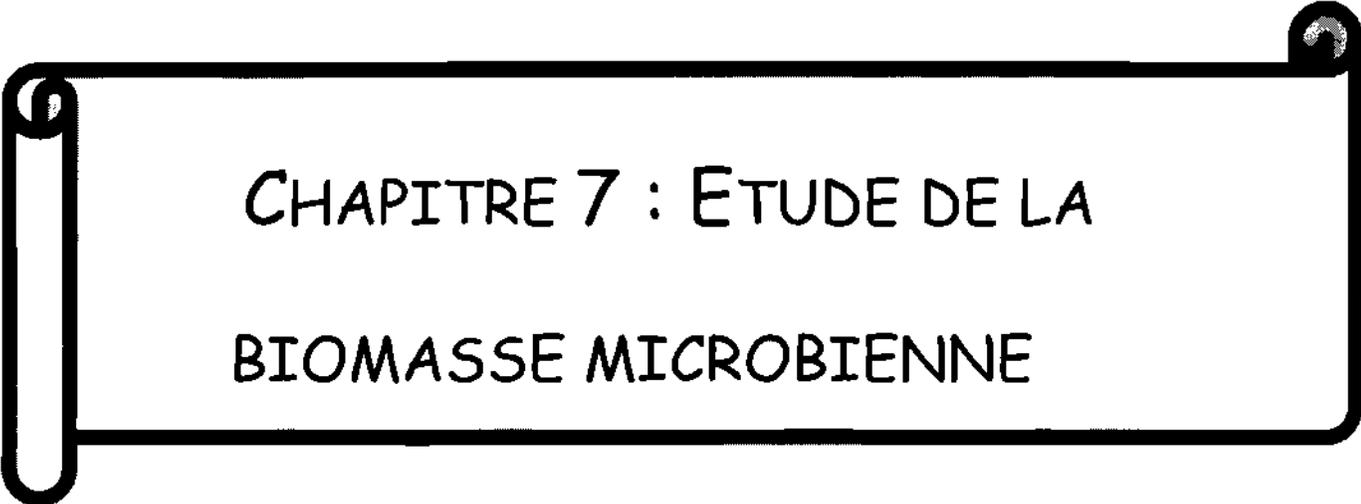
En conséquence, du point de vue de la restauration de la fertilité azotée du sol (disponibilité potentielle de l'azote), il faudrait un temps de jachère équivalent à 10 ans avant une remise en culture.

## 6.5. Conclusion

Les fractions organo-minérales influencent différemment les processus de minéralisation de l'azote. La caractérisation biologique de composés organique au travers du potentiel de minéralisation du carbone a révélé une influence des successions végétales post-culturelles sur la disponibilité de ce nutriment dans le sol. Par contre, la qualité des différentes fractions vis-à-vis des processus microbiens de la minéralisation de l'azote ne semble pas être influencée par les successions végétales post-culturelles. Ceci pourrait s'expliquer par :

- l'ampleur des processus de minéralisation/réorganisation de l'azote en fonction de la nature chimique des composés organiques incorporés au sol ou,
- par le fait que la stéréochimie du carbone et de l'azote n'est pas toujours vérifiée (Nacro, 1997).

Toutefois, pour une même jachère, la qualité des composés organo-minéraux augmente des fractions grossières aux fractions fines. De la variation de cette qualité en fonction d'une part de la taille des particules, et d'autre part du stade de jachère, il ressort que la restauration de la fertilité azotée du sol pourrait être assurée au moins au bout de 10 ans d'abandon cultural.



CHAPITRE 7 : ETUDE DE LA  
BIOMASSE MICROBIENNE

## VII : ETUDE DE LA VARIATION DE LA BIOMASSE MICROBIENNE

### 7.1. Introduction

Même si les micro-organismes du sol ne représentent généralement que 2 à 5% du carbone organique, et 2 à 10 % de l'azote total (Paul et Voroney, 1980 ; Nicolardot *et al.*, 1982 ; Duchaufour, 1991), ils jouent un rôle déterminant dans les processus de décomposition de la matière organique du sol (Vong *et al.*, 1990). L'évaluation de leur biomasse est donc importante à prendre en compte dans l'étude de la dynamique de la matière organique du sol et dans l'appréciation de la qualité biologique des sols (Nacro, 1997).

### 7.2. Matériel et méthodes

Le matériel étudié est constitué des mêmes échantillons de sol impliqués dans les chapitres précédents. La détermination de la biomasse microbienne a été effectuée selon la méthode dite de fumigation-incubation proposée par Jenkinson et Powlson (1976) et adaptée par Chaussod et Nicolardot (1982) ; c'est une méthode biocidale qui permet de quantifier plus directement la biomasse microbienne du sol sous forme de carbone.

Nous avons opéré sur deux répétitions, parallèlement au test respirométrique dont les échantillons de sol non fumigés ont fait office de témoins. Le principe de la méthode est simple : elle consiste à provoquer par fumigation la lyse des micro-organismes, puis à doser entièrement par titrimétrie selon des modalités pratiques similaires à celles décrites au chapitre V, la quantité de carbone libéré par la biodégradation biologique des cadavres et métabolites microbiens. La détermination assez exacte de la quantité de ce carbone (Biomasse-C) est possible grâce à l'utilisation d'un coefficient de proportionnalité (Kc) égal à 0,41 (Anderson et Domsch, 1978 ; Chaussod et Nicolardot, 1982 ; Voroney et Paul, 1984) selon la formule:

$$\text{Biomasse-C } (\mu\text{g C/g sol}) = F_{(0-7j)} - F_{(7-14j)} / Kc \quad \text{avec :}$$

$F_{(0-7)}$  représentant le carbone ( $\mu\text{g C/g sol}$ ) du  $\text{CO}_2$  dégagée par l'échantillon de sol fumigé entre 0 et 7 jours d'incubation ;

$F'_{(7-14)}$ , celui de l'échantillon de sol non fumigé entre 7 et 14 jours d'incubation ;

$Kc$ , le coefficient de proportionnalité représentant la fraction de carbone minéralisable du compartiment biomasse microbienne.

### 7.3. Résultats

La variation de la biomasse microbienne en fonction des stades de jachère est présentée dans le tableau 12.

**Tableau 12 :** Variations de la biomasse microbienne ( $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol sec}$ ) dans les sols incomplets et dans les deux témoins reconstitués. L'écart type est donné entre parenthèses.

Sols	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
S <sub>1</sub>	4,40 (0,21)	19,19 (0,06)	36,58 (1,24)	33,66 (1,45)	26,36 (0,31)	52,70 (2,79)
S <sub>2</sub>	45,38 (0,41)	79,02 (1,76)	58,54 (0,10)	52,65 (0,72)	61,46 (0,52)	57,08 (1,24)
S <sub>3</sub>	68,78 (0,83)	58,54 (1,14)	48,30 (0,41)	42,92 (0,93)	102,44 (1,34)	35,14 (0,31)
S <sub>4</sub>	65,86 (0,41)	106,84 (0,21)	42,44 (0,00)	79,32 (0,70)	108,30 (0,52)	58,54 (0,72)
TR	49,76 (0,31)	77,56 (0,62)	76,10 (1,34)	83,42 (0,41)	55,62 (1,97)	46,84 (0,10)
TN	77,60 (0,67)	87,10 (1,14)	76,8 (1,02)	75,4 (1,32)	90,7 (1,77)	69,5 (0,10)

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TR : témoin reconstitué ; TN : témoin normal (sol non fractionné) ; S<sub>x</sub> : Sol incomplet.

Globalement la biomasse microbienne des sols incomplets est plus élevée dans les jachères de 10 ans (107  $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol}$ ) et de 30 ans (108  $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol}$ ). Elle est plus faible dans la jachère de 20 ans (36  $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol}$ ). Exception faite des jachères de 20 ans et 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis*, le retrait de la fraction organo-minérale > 200  $\mu\text{m}$  semble avoir accru de 25 à 93 % la biomasse microbienne dans les sols incomplets comme l'indiquent les contributions négatives observées pour cette fraction (Tableau 13). Dans les jachères de 20 ans et de 30 ans sous couverture végétale dominées par *Andropogon ascinodis* par contre, l'absence de cette fraction dans la sol semble avoir provoqué une réduction de la biomasse microbienne. Des cas d'accroissement de biomasse sont également observés avec le retrait des fractions > 20  $\mu\text{m}$  dans les sols des jachères de 30 ans sous *Cochlospermum planchonii* et de 40 ans.

La contribution de chaque type de fraction à la biomasse microbienne du sol des différents états post-cultureux a été obtenue à partir de l'équation :

$$\mathbf{BM-C}_i = \mathbf{BM-C}_{si} - \mathbf{BM-C}_s \quad \text{où :}$$

**BM-C<sub>i</sub>** représente la biomasse carbonée de la fraction granulométrique i ;

**BM-C<sub>si</sub>**, la biomasse microbienne estimée dans le sol incomplet i, et

**BM-C<sub>s</sub>**, celle mesurée dans le sol témoin reconstitué TR.

Les quantités moyennes de la biomasse microbienne des différentes fractions organo-minérales sont reportées dans le tableau 13. Les résultats détaillés des contributions des fractions sont présentés en annexe (Annexe 6).

**Tableau 13** : Variation des contributions (calculées) des fractions granulométriques à la biomasse microbienne ( $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol sec}$ ) des différents sols. L'écart type est donné entre parenthèses.

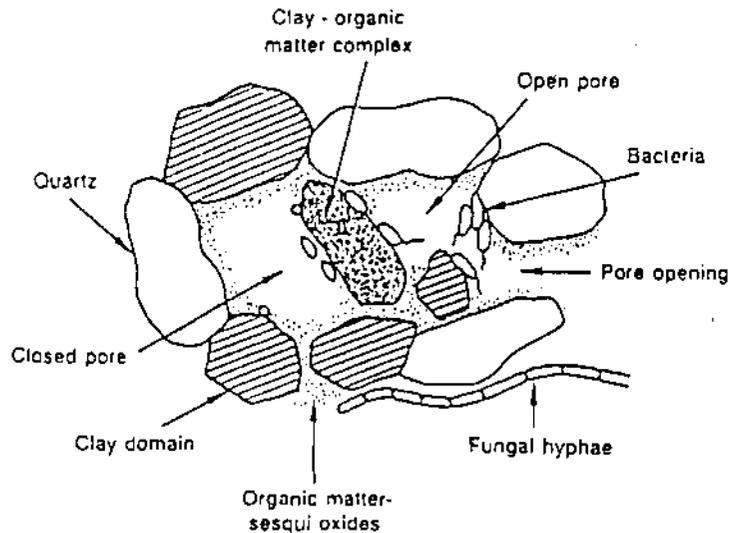
Fractions ( $\mu\text{m}$ )	Jachère					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
> 200	-16,10 (0,10)	-29,28 (0,83)	33,66 (1,35)	4,10 (0,29)	-52,68 (2,48)	-11,72 (0,83)
50 - 200	-19,04 (0,52)	19,02 (1,76)	27,82 (0,93)	39,50 (1,35)	-46,84 (3,31)	11,70 (0,41)
20 - 50	4,38 (0,72)	1,46 (1,14)	17,56 (0,24)	30,74 (0,31)	-5,86 (2,48)	-10,26 (1,35)
< 20	45,36 (0,52)	57,68 (0,56)	39,52 (0,10)	49,76 (1,03)	29,26 (2,28)	-5,86 (2,90)
<b>Somme</b>	<b>14,60</b> <b>(1,86)</b>	<b>48,88</b> <b>(4,29)</b>	<b>118,56</b> <b>(2,62)</b>	<b>124,10</b> <b>(2,98)</b>	<b>-76,12</b> <b>(10,55)</b>	<b>-16,14</b> <b>(5,49)</b>
<b>TR</b>	<b>49,76</b> <b>(0,31)</b>	<b>77,56</b> <b>(0,62)</b>	<b>76,10</b> <b>(1,34)</b>	<b>83,42</b> <b>(0,41)</b>	<b>55,62</b> <b>(1,97)</b>	<b>46,84</b> <b>(0,10)</b>

J6 : jachère de 6 ans ; J10 : jachère de 10 ans ; J20 : jachère de 20 ans ; J30Aa : jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis* ; J30Cp : jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii* ; J40 : Jachère de 40 ans ; TR : témoin reconstitué.

Les contributions des fractions fines à la biomasse microbienne du sol sont plus élevées dans les jachères de 10 ans (57,68  $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol}$ ) et de 30 ans sous écosystème à *Andropogon ascinodis* (49,76  $\mu\text{gC-CO}_2/\text{g sol}$ ). Exception faite des jachères de 20 ans et de 30 ans, les sommes des contributions des fractions à la teneur de la biomasse microbienne du sol des différents états post-cultureux sont nettement moindres comparativement à la valeur du sol témoin reconstitué.

## 7.4. Discussion

La Figure 7 illustre bien la localisation des micro-organismes dans le sol.



**Figure 7 :** Représentation schématique d'un mode de protection physique de la matière organique du sol (*in* Paul et Clark, 1989).

Comme nous le voyons, le mode de dispersion des microorganismes, et donc les interactions qui les affectent dans le milieu édaphique, sont modulés par l'arrangement spatial des particules du sol (Gregorich *et al.*, 1989 ; Paul et Clark, 1989 ; Van Veen et Kuikman, 1990 ; Christensen et Christensen, 1991 ; Paton *et al.*, 1995 ; Nacro, 1997). La dispersion des agrégats s'accompagne donc d'une uniformisation des biotopes. Vu les différents types d'interactions susceptibles d'affecter les différents groupes trophiques de la biomasse microbienne du sol, deux situations sont envisageables.

La première relève de la compétition, la lutte pour la niche écologique. Le partage d'une niche écologique implique en effet au sein de toute population microbienne un jeu de concurrence permanente. Auger *et al.* (1992), Killham (1994), Jones *et al.* (1994), Coleman et

Crossley (1996), Nacro *et al.* (1996) et Gobat *et al.* (1998), confirment ce point de vue : en conditions naturelles, les organismes sont en interrelations permanentes, entre autre, par la prédation, la télétoxie, la compétition interspécifique. La compétition exerce une influence négative sur les partenaires en présence, pouvant provoquer une réduction de la diversité de la population. La réduction (20 à 75 %) de la biomasse microbienne dans les sols témoins reconstitués exprimée par les contributions négatives (Tableau 13), pourrait bien illustrer ces interactions.

La seconde tient au fait que le partage d'une niche écologique peut, en fonction des groupes trophiques en présence, également s'accompagner d'une syntrophie où chaque partenaire, physiquement indépendant, réalise avec les autres, des échanges se faisant par l'intermédiaire du milieu, échanges qui sont également profitables à d'autres organismes ne donnant rien en retour. Les relations de commensalisme au sein de la microflore édaphique sont en effet des interactions bien connues (Gobat *et al.*, 1998 : Tableau 14). On peut évoquer ces *liens étroits* que tissent entre eux les micro-organismes du sol, liens qui sont susceptibles d'accroître significativement leur diversité, pour expliquer l'augmentation (33 à 36 %) de la biomasse microbienne dans les sols témoins reconstitués TR des jachères de 20 ans et 30 ans sous *Andropogon ascinodis*.

Dans les deux cas, les résultats obtenus illustrent bien la prépondérance, déjà signalée par plusieurs auteurs (Paul et Clark, 1989 ; Van Veen et Kuikman, 1990 ; Hassink, 1992 ; Haynes et Francis, 1993 ; Feller, 1995 ; Nacro *et al.*, 1996 ; Degens, 1997), de l'effet protecteur de l'agrégation vis-à-vis des interactions qui affectent les différents groupes trophiques de la biomasse microbienne du sol. Celle-ci serait fonction des différents états post-cultureux.

**Tableau 14 :** Effets des différents types d'interactions sur deux organismes partenaires A et B, A étant, cas échéant, le plus avantageé.

Interaction	Organisme A	Organisme B
Mutualisme (symbiose, syntrophie)	+	+
Neutralisme	0	0
Compétition	-(0)	--
Commensalisme	+	0
Parasitisme	+	-
Prédation	+	--

Source : GOBAT *et al.* (1998)

Les résultats de la biomasse microbienne (1,06 à 1,79% du carbone total) sont comparables à ceux trouvés dans la littérature pour des sols sableux (Singh *et al.*, 1989 ; Ingrid-Thomsen, 1993 ; Somé, 1996 ; Nacro, 1997). Mais ils sont faible comparativement à ceux (2 à 6 % du carbone total) d'autres auteurs (Nicolardot *et al.*, 1982 ; Vong *et al.*, 1990 ; Duchaufour, 1991). Les sols du Sobaka renfermeraient globalement peu de microorganismes.

Les fractions fines sont celles dont l'absence entraîne le plus, une réduction de la biomasse microbienne. Les micro-organismes du sol seraient donc essentiellement localisés dans les fractions fines, ce qui paraît curieux quant on sait que les composés organiques stockés dans ces fractions sont normalement de moindre qualité. Pourquoi alors les micro-organismes resteraient-elles dans un environnement où elles sont obligées pour leur métabolisme, d'avoir une dépense énergétique élevé ? Ceci pourrait s'expliquer :

- par le fait qu'elles y trouvent plus qu'ailleurs, un environnement physico-chimique favorable ;
- ou alors que le fractionnement granulométrique a perturbé l'habitat des communautés microbiennes.



CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GENERALE

Dans le milieu post cultural la présence des espèces qui se succèdent dans le temps induit de fortes modifications du niveau et de la qualité des restitutions organiques dans le sol. De nombreux auteurs ont en effet montré que le stock organique du sol varie en fonction de l'âge de la jachère (Tonda, 1995 ; Hien, 1996 ; Somé 1996 ; Yaméogo, 1997 ; Paniagua *et al.*, 1999). Ces apports organiques constituent les principaux substrats énergétiques des organismes du sol, et font donc à ce titre l'objet d'attaques des organismes telluriques. A l'issue de chaque agression une simplification ou un enrichissement moléculaire est opéré changeant ainsi progressivement la nature chimique des matériaux originels. A chaque étape du changement, le substrat entretient des microflores différentes, subit en fonction de sa composition des activités de décomposition d'intensité variable. Ces différents processus ont pour conséquence la production de nutriments utilisables aussi bien par les plantes, que par les autres organismes vivant du sol. Ils révèlent aussi que le stock organique du sol présente à chaque étape du changement, une certaine évolution biochimique variable selon la structure et l'état de fonctionnement de l'écosystème.

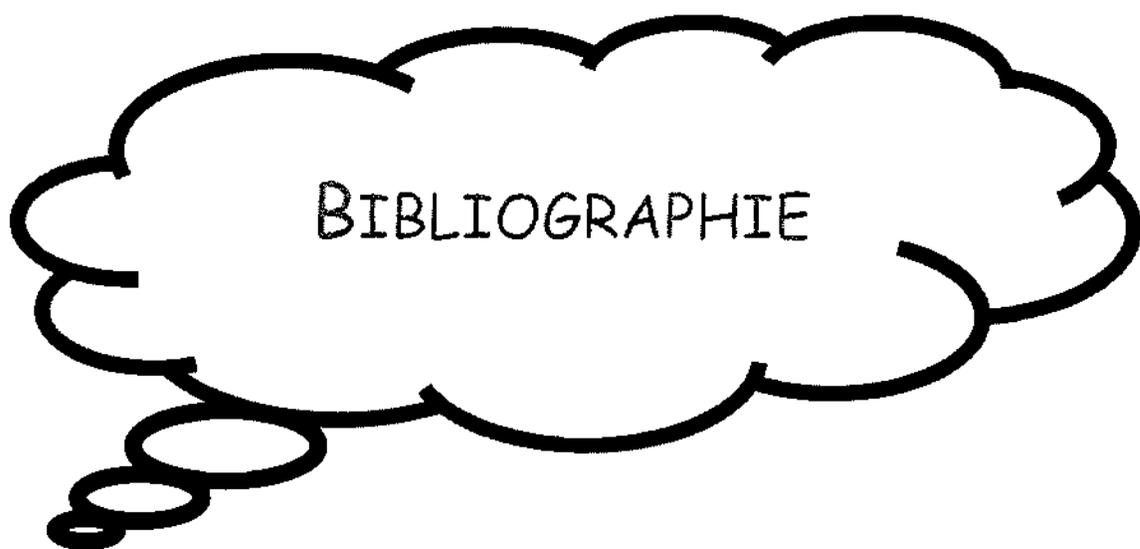
En définitive donc, le niveau de l'évolution biochimique de la matière organique et donc de ses différents états transitoires, constituent les enjeux de la reconstitution de la fertilité des sols. Nous avons utilisé les possibilités qu'offre le fractionnement granulométrique pour accéder à ces états transitoires, et pour évaluer les teneurs en carbone, en azote et en phosphore des composés organiques associés aux différentes particules minérales du sol. IL ressort que les teneurs en carbone organique, en azote total et en phosphore total augmente des fractions grossières aux fractions fines. On observe ainsi que 56 à 65% du carbone organique et 65 à 82% de l'azote total sont stockés dans les fractions fines (argiles + limons fins) qui ne représentent pourtant que 16 % du poids total du sol. Mais c'est dans ce compartiment organique que l'on retrouve les rapports C/N les plus bas indiquant ainsi la nature remaniée du contenu organique. Toutefois, le coefficient de minéralisation, qui exprime l'aptitude intrinsèque des composés organique à la minéralisation, indique que la valeur biologique des composés organiques des fractions fines (de toutes les jachères étudiées) est encore bonne. Elles constituent donc de ce fait, le compartiment de stockage de

la matière organique et de la biomasse microbienne du sol au cours de l'installation de la jachère. Par contre, la contribution des fractions organo-minérales grossières au stock du phosphore assimilable (63 à 84 %) est élevée, indiquant que le déstockage du phosphore, lié au métabolisme microbien et/ou à la modification des conditions pédoclimatique ne s'opérerait qu'après environ 30 ans d'abandon cultural

Les processus de minéralisation, donc la disponibilité des nutriments dans le sol, sont modulés par le stade de l'évolution biochimique des composés organiques, mais aussi par le changement de la couverture végétale. Les successions végétales post-culturales influenceraient donc la dynamique de la matière organique du sol, tant sur le plan quantitatif que qualitatif, et tant à l'échelle de la parcelle qu'à celle de la particule. Toutefois, il est apparu que les processus microbiens de la minéralisation de l'azote ne semble pas être influencés par les successions végétales post culturales. Cela tient probablement au fait que la production d'azote minéral dans le sol n'est pas un processus cumulatif (Nacro *et al.*, 1996) : l'immobilisation et la production nette n'azote sont non seulement influencées par la quantité et la qualité du contenu organique des fractions, mais aussi et surtout par le transfert de nutriments entre fractions. La nécessaire prise en compte des interactions entre fraction dans l'évaluation de la qualité biologique des composés organiques, présente malheureusement l'inconvénient de réduire ou de surestimer la contribution réelle de chaque fraction organo-minéral à la production d'azote minéral dans le sol. Au regard des résultats, nous pouvons toutefois suggérer que du point de vue de la restauration de la fertilité azotée du sol (disponibilité potentielle de l'azote), il faudrait un temps de jachère équivalent à 10 ans avant une remise en culture.

Les résultats préliminaires obtenus dans cette étude devront être approfondis en particulier :

- ✓ en établissant un lien direct entre la disponibilité des nutriments et la diversité végétale au travers des analyses isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) ;
- ✓ en révélant l'identité des micro-organismes impliqués à chaque étape du processus de la minéralisation ;
- ✓ en mettant en évidence la chaîne enzymatique qui en est connexe ;
- ✓ en étudiant la disponibilité des nutriments au cours des successions végétales post-culturales d'autres agrosystèmes de sorte à pouvoir généraliser les résultats.



BIBLIOGRAPHIE

## B I B L I O G R A P H I E

Abbadie L., 1990. Aspects fonctionnels du cycle de l'azote dans la strate herbacée de la savane de LAMTO. Thèse de Doctorat. Université Paris VI. 158 p.

Abbadie L. et Lensi R., 1990. Carbon and nitrogen mineralization and denitrification in a humid savannah of West Africa (Lamto, Côte d'Ivoire ). Acta Oecologica, **11** : 717-728.

Achard F., 1993. Evolution récente de la végétation dans six station au Burkina Faso. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 280 p. + annexes.

Adu-Gyamfi J. J., Fujita K. et Ogata S., 1989. Phosphorus absorption and utilisation efficiency of pigeon pea (*Cajanus cajan L.*) in relation to dry matter production and nitrogen fixation. Plant and soil, **199** : 315-324.

Akroume C., 1985. Localisation et caractérisation de la matière organique des sols. Définition d'un modèle d'évolution. Thèse de Docteur Ingénieur. INAP-G. 170 p.

Albrecht A., 1996. Le fractionnement granulométrique de la matière organique appliqué à la recherche de compartiments agrégeants. Le cas d'un vertisol sous prairie à la martinique. 5<sup>es</sup> Journées nationales de l'étude des sols. 22-25 avril. Rennes. France.

Albrecht A., Angers D. A., Beare M. H. et Blanchart E., 1998. Déterminants organiques et biologiques de l'agrégation : implications pour la recapitalisation de la fertilité des sols tropicaux. Cahiers Agriculture, **7** : 357-363

Albrecht A., Rangon L. et Barret P., 1992. Effet de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique). Cahiers ORSTOM, Sér. Pédol., **27** : 121-133.

Alexandre D. Y., 1992. Quelques observations sur la physiologie des semences et des plantules forestières de la zone du Nazinon. In : Tree seeds problems, with special references to Africa. Backuys pub. : 203-209

Alexandre D. Y., 1993. Quelques observations sur la biologie de *Detarium microcarpum*. multigr. 1 p.

Anderson T.-H. et Domsch K. H., 1980. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. Soil Sci., **130** : 211-216.

Anderson J. M. et Ingram J. S. I., 1989. Tropical soil biology and fertility : a handbook of methods. Second edition. Walingford : C. A. B. International ; 221 p.

Auger P., Baudry J. et Fournier F., 1992. Hiérarchies et échelles en écologie. Naturalia Publications, SCOPE-France.

Balesdent J., Wagner G. H. et Mariotti A., 1988. Soil organic matter turnover in long term field experiments as revealed by carbon <sup>13</sup>C natural abundance. Soil Sci. Soc. Am. J., **52** : 118-124.

Balesdent J., Pétraud J.-P. et Feller C., 1991. Effets des ultrasons sur la distribution granulométrique des matières organiques des sols. Science du sol, **29** (2) : 95-106.

Bationo A., 1996. Management of phosphorus fertilizers. Presentation at International Training Program on plant Nutrient Management of Sustainable Agriculture, October 14-19, Nairobi, Kenya, 19 p.

Bartiono B. A., 1996. Etude de la régénération séminale des ligneux dans les jachères de Sobaka, Forêt classée du Nazinon (Burkina Faso). Mémoire de DEA. Université de Ouagadougou. 62 p.

Bationo A., Ayuk E., Ballo D. et Koné M., 1997. Agronomic and economic evaluation of Tilemsi phosphate rock in different agroecological zones of Mali. Nutrient Cycling in Agroecosystems, **48** : 179-189.

Bartoli F., Burtin G. et Herbillon A. J., 1990. Disaggregation and clay dispersion of oxisols. Na-resin, a recommended methodology for determining particle size distribution of oxisols rich in gibbsite. C. R. 14è Congr. Intern. AISS, Kyoto, Japon, **2** : 449-450.

Bastide B., 1996. Rapport de mission d'appui à l'Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET). Burkina Faso, du 11 Oct. au 9 Déc., 67 p.

Bate G. C., 1981. Nitrogen cycling in savannah ecosystems. In : Clark F.E. et Rosswall T., eds. Terrestrial nitrogen cycles, Ecological Bulletins 33 : 463-476.

Beare M. H., Parmelee R. W., Hendrix P. F. et Cheng W., 1992. Microbial and fauna interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. Ecol. Monographs, **62** (4) : 569-591.

Beare M. H., Hendrix P. F. et Coleman D. C., 1994a. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., **58** : 777-786.

Beare M. H., Cabrera M. L., Hendrix P. F. et Coleman D. C., 1994b. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional- and no - tillage soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., **58** : 787-795.

Beare M. H., Coleman D. C., Crossley D. A., Hendrix P. F. et Odum E. P., 1995. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. Plant soil, **170** : 5-22.

Belem M., 1993. Contribution à l'étude de la flore et de la végétation dans la forêt classée de Toessin, province du Passoré (Burkina Faso). Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou. 156 p.

Bernhard-Reversat F., 1981. Participation of light and organo-mineral fractions of soil organic matter in nitrogen mineralization in a sahelian savannah soil. Zbl. Bakt. II Abt., **136** : 281-290.

Bernier N., 1997. Fonctionnement biologique des humus et dynamique des pessières alpines. Le cas de la forêt de Macot-La-Plagne (Savoie). Ecologie, **28** (1) : 23-44.

Bilgo A., 1999. Les différentes modes de gestion des jachères de courte durée et leurs impacts sur le sol. Mémoire de D.E.A. Université de Ouagadougou. 82 p. + annexes.

Blaffart H., 1990. Etude de la régénération de la savane arborée dense en relation avec l'alimentation en bois de feu de Ouagadougou, Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Université de Ouagadougou. 109 p.

Bureau National des Sols, 1993. Rapport technique n°88. Ouagadougou, 87p.

Cadisch G. et Giller K. E., 1997. Driven by nature. Plant litter quality and decomposition. Oxon : CAB International.

Cambardella C. A. et Elliott E. T., 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., **58** : 123-130.

Cameron R. S. et Posner A. M., 1979. Mineralizable organic nitrogen in soil fractionated according to particle size. J. Soil Sci., **30** : 565-577.

Catroux G., 1988. Notion de protection physique et chimique de la matière organique des sols. Méthodes d'étude. Communication Groupe d'Etude de la matière organique des sols. DIJON.

Catroux G. et Schnitzer M., 1987. Chemical, spectroscopic, and biological characteristics of the organic matter in particle size fractions separated from an Aquoll. Soil Sci. Soc. Am. J., **51** : 1200-1207.

Cerri C., Feller C., Balesdent J., Victoria R. et Plenecassagne A., 1985. Application du traçage isotopique naturel en  $^{13}\text{C}$  à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. C. R. Acad. Sci.- Paris, **300** : 423-428.

César J. et Coulibaly Z., 1991. Le rôle des jachères et des cultures fourragères dans le maintien de la fertilité des terres. *In* : Savanes d'Afrique terre fertiles ? Actes des rencontres internationales. Paris : Ministère de la Coopération et du Développement : 271-288.

Chamayou H. et Legros J.-P., 1989. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Paris : PUF.

Chambers R., Pacey A. et Thrupp L. A., 1994. Les paysans d'abord : les innovations des agriculteurs et la recherche agronomique. CTA-Karthala ; 331p.

Charreau C., 1972. Problèmes posés par l'utilisation des sols tropicaux par des cultures annuelles. Communication au Séminaire sur les sols tropicaux. 22-26 Mai. Ibadan ; 54 p.

Charreau C. et Fauck R., 1970. Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa. Agronomie Tropicale, **25** (2) : 151-191.

Charreau C. et Nicou R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest africaine et ses indices agronomiques. Agronomie Tropicale, **26** (5) : 565-631.

Chaussod R. et Nicolardot B., 1982. Mesure de la biomasse microbienne des sols cultivés. I. Approche cinétique et estimation simplifiée du carbone facilement minéralisable. Rev. Ecol. Biol. Sol, **19** (4) : 501-512.

Chotte J.L., Masse D., Pontanier R., et Bellier G., 1997. Transformation durant la jachère de l'horizon superficiel (0-10 cm) d'un sol ferrugineux du bassin arachidier sénégalais (Thyssé Kaymor). *In* : Floret Ch. et Pontanier R., éd. Actes de l'atelier sur Jachère et maintien de la fertilité. 2-4 octobre. Bamako : CORAF-Union Européenne : 41-45.

Christensen B. T., 1987. Decomposability of organic matter in particle-size fractions from field soils with straw incorporation. Soil Biol. Biochem., **19** : 429-435.

Christensen B. T., 1992. Physical fractionation of soil organic matter in primary particle-size and density separates. Adv. Soil Sci., **20** : 1-90.

Christensen S. et Christensen B. T., 1991. Organic matter available for denitrification in different soil fractions: effect of freeze/thaw cycles and straw disposal. J. Soil Sci., **42** : 637-647.

Coleman D. C. et Crossley Jr D. A., 1996. Fundamentals of soil ecology. San Diego : Academic Press.

Compaoré E., Grimal J. Y. et Fardeau J. C., 1997. Efficacité du Phosphate naturel de Kodjari (Burkina Faso). Cahiers Agricultures, **6** (4) : 251-255.

C.P.C.S., 1967. Classification des sols. Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols. Multicopie.

Dalal R. C. et Bridge B. J., 1996. Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils. In : Carter M. R. and Stewart B. A., eds. Structure and organic matter storage in agricultural soils, Advances in soil Science. Boca Raton : CRC Lewish publ. : 263-308.

Degens B. P., 1997. Macroaggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and factors affecting these. Aust. J. Soil Res., **35** : 431-459.

Dembélé D., Somé N. A., Alexandre D.-Y. et Ouédraogo S. J., 1995. Biologie et écologie des populations de *Triumpheta lepidota* dans les jachères de Sobaka. Rapport d'activités. Ouagadougou : ORSTOM ; 43 p.

Devineau J.-L., 1986. Impact écologique de la recolonisation des zones libérées de l'onchocercose dans les vallées Burkinabè (Nazinon, Nakanbé, Mouhoun, Bougouriba). Projet de lutte contre l'onchocercose. Rapport multigraphié. 2 volumes. Ouagadougou : ORSTOM-OMS/OCP ; 109 p. + 42 cartes.

De Willigen P., Dijksterhuis G. et Chardon W., 1999. Dynamique et disponibilité du phosphore dans les sols. In : Bremen H. et Sissoko K., éd. L'intensification agricole au Sahel. Karthala : 265-284

Djegui N., 1992. Matière Organique et Azote dans les sols cultivés sur terres de barre (Benin). Thèse de Docteur Ingénieur. Institut National Polytechnique de Toulouse.

Dommergues Y., 1960. La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. Agronomie. tropicale., **15** : 54-60.

Dommergues Y., 1968. Dégagement tellurique de CO<sub>2</sub>. Mesure et signification. Annales de l'Institut Pasteur, **115** : 627-656.

Duchaufour Ph., 1991. Abrégé de Pédologie. Sol, végétation, environnement. Paris : Masson ; 289 p.

Duchaufour Ph., 1997. Abrégé de Pédologie. Sol, végétation, environnement. Paris : Masson.

Elliot E. T. et Coleman D. C., 1988. Let the soil work for us. 4th European Ecology Symposium, Wageningen, Ecol. Bull., **39** : 23-32.

Elustondo J., Angers D. A., Laverdière M. R. et 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.

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** : 339-346.

Feller C., 1995. La matière organique dans les sols tropicaux à argiles 1:1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Paris : Collection TDM-ORSTOM ; 393 p. + annexes.

Feller C. et Beare M. H., 1997. Physical control of soil organic matter in the tropics. Geoderma, **79** : 69-116.

Feller C., Bernhard-Reversat F., Garcia J. L., Pantier J. J., Roussos S. et Van Vliet-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., Burtin G., Gérard B. et Balesdent J., 1991a. Utilisation des résines sodiques et des ultrasons dans le fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Intérêts et limites. Science du Sol, **29** : 77-93.

Feller C., François C., Villemin G., Portal J. M., Toutain F., Morel J. L., 1991b. Nature des matières organiques associées aux fractions argileuses d'un sol ferrallitique. C. R. Acad. Sci. Paris, **312** : 1491-1497.

Feller C., Fritsch E., Fritsch E., Poss R. et Valentin C., 1991c. 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** : 25-36.

Feller C., Lavelle P., Albrecht A. et Nicolardot B., 1993. La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux : rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. In : Floret Ch. et Serpentie G., eds. La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris : ORSTOM. Colloques et séminaires : 15-32.

Feller C., Albrecht A. et Tessier D., 1996. Aggregation and organic matter storage in kaolinitic and smectitic tropical soils. In : Carter M. R. et Stewart B. A., eds. Structure and organic matter storage in agricultural soils, Advances in soil science. Boca Raton : CRC Lewish Publ. : 309-359.

Floret Ch. et Pontanier R., 1993. Recherches sur la dynamique de la végétation des jachères en Afrique tropicale. *In* : Floret Ch. et Serpantie G., éd. la jachère en Afrique de l'Ouest. Paris : ORSTOM. Colloques et séminaires : 32-46.

Floret Ch., Pontanier R. et Serpantié G., 1993. La jachère en Afrique tropical. Dossier MAB 16. Paris : UNESCO ; 494 p.

Fontès J. et Guinko S., 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ouagadougou : Ministère de la coopération Française. 53 p.

Giller K. E., Beare M. H., Lavelle P., Izac A. M. N. et Swift M. J., 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Appl. Soil Ecol. **6** : 3-16.

Guinko S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse de Doctorat ès-Science Naturelle. Université Bordeaux XIII. 2 Volumes. 318 p.

Guinko S., 1985. La végétation et la flore du Burkina Faso. Recueil de quelques articles tirés de la thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences naturelles. MET. 118 p.

Gnankambarry Z., Sedogo M. P., Hien V. et Lompo F., 1999. Détermination du facteur de correction de la méthode Walkley et Black pour le dosage du carbone organique dans les sols ferrugineux tropicaux du Burkina Faso. Communication aux 5<sup>è</sup>s Journées annuelles SOAchim, 2-7 Août. Niamey ; 5 p.

Gobat J. M., Aragno M. et Matthey W., 1998. Le sol vivant. Bases de pédologie Biologie des sols. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. Coll. Gérer l' Environnement n° 14 ; 521 p.

Greenland D. J., 1980. The nitrogen cycle in West Africa. Agronomic considerations. *In* : Rosswall T., ed. Nitrogen cycling in West African ecosystems. Stockholm : SCOPE/UNEP.

Gregorich E. G., Kochanoski R. G. et Voroney R. P., 1988. Ultrasonic dispersion of aggregates : Distribution of organic matter in size fractions. Can. J. Soil Sci., **68** : 395-403.

Gregorich E. G., Kachanoski R. G. et Voroney R. P., 1989. Carbon mineralization in soil size fractions after various amounts of aggregate disruption. J. Soil Sci., **40** : 649-659.

Grigal V. et Bergusson M., 1998. Mechanism of vegetation succession : a review of concepts and perceptions. Actabot. Neerl. **42** (4) : 283-338.

Gupta V. V. S. R. et Germida. J. J., 1988. Disruption of microbial biomass and its activity in different soil aggregates size classes as affected by cultivation. Soil Biol. Biochem., **20** : 777-786.

Hassink J., 1992. Effects of soil texture and structure on carbon and nitrogen mineralization in grassland soils. Biol. Fertil. Soils, **14** : 126-134.

Haynes R. J., 1986. The decomposition process: mineralization, immobilization, humus formation, and degradation. In : Kozlowski T.T., ed. Mineral nitrogen in the plant-soil system. Madisson : Academic Press : 52-126.

Haynes R. J. et Beare M. H., 1996. Aggregation and organic carbon storage in mesothermal, humid soil. In : Carter M. R. et Stewart B. A., eds. Structure and organic matter storage in agricultural soils, Advances in soil science. Boca Raton : CRC Lewish Publ. : 213-262.

Haynes R., J., et Francis G. F., 1993. Changes in microbial biomass C, soil carbohydrates and aggregate stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. J. Soil Sci., **44** : 665-675.

Hien V., Sedogo M. P. et Lompo F., 1993. Étude de l'effet des jachères de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes de culture au Burkina Faso. In : Floret Ch. et Serpantié G., eds. La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris : ORSTOM. Colloques et Séminaires : 221-232.

Hien E., 1996. Effets de jachères de diverses natures sur le statut organo-minéral d'un sol ferrugineux tropical dégradé : conséquences pour la culture (Cas de Ngong-Nord Cameroun). Mémoire de fin d'études. CNEARC-EITARC Montpellier. 77 p.

Hien G., 1998. Etude de la répartition de *Burkea africana* Hook. dans la forêt classée du Nazinon (Burkina Faso). Mémoire de DEA. Université de Ouagadougou. 81 p.

Hoefsloot H., Van Der Pol F. et Roelvelde L., 1993. Jachères améliorées : option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Amsterdam : Institut Royal des Tropiques. Bulletin 333 ; 80 p.

Hinds A. et Lowe L. E., 1980. The use of an ultrasonic probe in soil dispersion and in the bulk isolation of organic-mineral complexes. Can. J. of Soil Sci., **60** : 389-392.

Ingrid-Thomsen K., 1993. Turnover of <sup>15</sup>N-straw and NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> in a sandy loam soil : effects of straw disposal and N fertilization. Soil Biol. Biochem., **25** : 1561-1566.

Jabiol B., Brethes A., Ponge J.-F., Toutain F. et Brun J.-J., 1995. L'humus sous toutes ses formes. Nancy : ENGREF.

Jocteur Monrozier L., Ladd J. N., Fitzpatrick R. W., Foster R. C. et Raupach M., 1991. Components and microbial content of size fractions in soils of contrasting aggregation. Geoderma, **49** : 37-62.

Joet A., Jouve P. et Banoïn M., 1998. Le défrichement amélioré au Sahel. Une pratique agroforestière adoptée par les paysans. In : Bois et Forêt des Tropiques. Montpellier : CIRAD : 31-45.

Jones C. G., Lawton J. H. et Shachk M., 1994. Organisms as ecosystem engineers. Oikos, **69** : 373-386.

Juo A. S. R. et Kang B. T., 1989. Nutrient effects of modification of shifting cultivation in West Africa. In : Proctor J., ed.. Mineral nutrients in tropical forest and savannah ecosystems. Oxford : Blackwell Scientific Publications.

Kambou N. F., 1996. Contribution à la restauration et à la réhabilitation des sols ferrugineux superficiellement encroûtés (Zipélé) du plateau central du Burkina Faso. (Cas de Yilou, Province du Bam). Thèse de Docteur Ingénieur. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 139 p. + annexes.

Killham K., 1994. Soil ecology. Cambridge University Press.

Killham K., Amato M. et Ladd J. N., 1993. Effect of substrate location in soil and soil pore-water regime on carbon turnover. Soil Biol. Biochem., **25** : 57-62.

Kouakoua E., 1998. La matière organique et la stabilité structurale d'horizons de surface des sols ferrallitiques argileux. Effet du mode de gestion des terres. Thèse de Doctorat. Université Nancy I.

Krom M., 1980. Spectrophotometric determination of ammonia : a study of modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. The analyst, April.

Lal R., Kimble J. M., Florett R. F. et Stewart B. A., 1998. Soil processes and carbon cycle. Boca Raton : CRC Press. Florida.

Laudelout H., Meyer J. et Peeters A., 1960. Les relations quantitatives entre la teneur en matière organique du sol et le climat. Agricultura, **8** : 103-140.

Legay B. et Schaeffer R., 1983. Modelities of the energy flow in different tropical soils as related to their mineralization capacity of organic carbon and to the type of clay. II. The degradation of various substrates. Zentralblatt für Microbiology, **139** : 389-400.

Lensi R., Clays-Josserand A. et Jocteur Monrozier L., 1994. Denitrifying activity in size fractions of mollisol under permanent pasture and continuous cultivation. Soil Biol. Biochem., **27** : 61-69.

Lompo F., 1993. Contribution à la valorisation des phosphates naturels au Burkina Faso : étude des effets de l'interaction phosphates naturels- matières organiques. Thèse de Docteur Ingénieur. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 247 p.

Lompo C., 1996. Incidence des modes de gestion paysanne sur la fertilité des sols dans la zone maïsicoles du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Institut du Développement Rural. 52 p.

Lowe L. E. et Hinds A. A., 1983. The mineralization of nitrogen and sulphur from particle size separates of gleysolic soils. Can. J. Soil Sci., **63** : 761-766.

Mando A., Zougmore R., Zombré N. P. et Hien V., 2000. Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne. *In* : Floret Ch. et Pontanier R., éd. La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris : John Libbey (sous presse).

Marion G. M., Kummerow J. et Miller P. C., 1981. Predicting nitrogen mineralization in Chaparral soils. Soil Sci. Soc. Am. J., **45** : 956-961.

Milleville P. et Serpantié G., 1994. Intensification et durabilité des systèmes agricoles en Afrique soudano-sahélienne. *In* : Promotion des systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne. FAO/CTA/CIRAD : 33-45.

Nacro H. B., 1997. Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire) : caractérisation chimique et étude *in vitro*, des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat. Université Paris IV. 302 p.

Nacro H. B., Benest D. et Abbadie L., 1996. Distribution of microbial activities and organic matter according to particle size in a humid savannah soil (Lamto, Côte d'Ivoire). Soil Biol. Biochem., **28** : 1687-1697

Nicolardot B., Chaussod R. et Catroux G., 1982. Revue des principales méthodes disponibles pour mesurer la biomasse microbienne et ses activités. Science du sol, **4** : 253-261.

Oades J. M. et Waters A. G., 1991. Aggregate hierarchy in soils. Aust. J. Soil Res., **29** : 815-828.

Ouattara B. *et al.*, 1997. Etat physico-chimique des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effets de l'histoire culturale et du type de milieu. *In* : Floret Ch. et Pontanier R., éd. Actes de l'atelier jachère et maintien de la fertilité. 2-4 Octobre. Bamako : ORSTOM : 17-32.

Olf H., de Leeuw J., Bakker J.P., Platerink R.J., van Wijnen H.J. et Munck W. 1997. Vegetation succession and herbivory in a salt marsh : changes induced by sea level rise and silt deposition along an elevational gradient. Journal of Ecology, **85** : 799-814

Ouédraogo J., 1985. Contribution à l'étude du dynamisme des formations naturelles du Burkina Faso : reconstitution des jachères dans les zones de Kaïbo et Niaogho. Mémoire d'Ingénieur de Travaux de Développement Rural. Institut du Développement Rural. S63 p.

Paniagua A., Kammerbauer J., Avedillo M. et Andrews A.M., 1999. Relationship of soil characteristics to vegetation successions on a sequence of degraded and rehabilitated soils in Honduras. Agriculture, Ecosystems and Environment : 215-225

Parton W. J., Schimel D. S., Cole C. V. et Ojima D. S., 1987. Analysis of factors controlling organic matter levels in Great Plains grasslands. Soil Sci. Soc. Am. J., **51** : 1173-1179.

Paton T. R., Humphreys G. S. et Mitchell P. B., 1995. Soils. A new global view. London : UCL Press.

Paul E. A. et Clark F. E., 1989. Soil microbiology and biochemistry. San Diego : Academic Press. 273 p.

Paul E. A. et Voroney R. P., 1980. Nutrient and energy flows through soil microbial biomass. *In* : Ellwood J. H. D.C., Latham M.S. et Lynch J.M., eds. Contemporary Microbial Ecology. London : Academic Press : 215-237.

Pauwels J. M., Van Ranst E., Verloo M. et Mvondo Ze A., 1992. Manuel de laboratoire de pédologie : Méthodes d'analyses de sols et de plantes, Equipement, Gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques. Publications Agricoles, **28** : 28-89.

Penning de Vries F.W.T., Krul J.M. et Van Keulen H.1980. Productivity of sahelian rangelands in relation to the availability of nitrogen and phosphorus from the soil. In : Rosswall T., ed. Nitrogen cycling in West African ecosystems. Stockholm : SCOPE/UNEP : 95-113.

Piéri C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherches et de développement agricole au sud du Sahara. Paris : Ministère de la Coopération et du Développement. CIRAD ; 444 p.

Piéri C., 1991. Les bases agronomiques de l'amélioration de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. In : Savanes d'Afrique, terres fertiles? Actes des rencontres internationales. Paris : Ministère de la coopération et du développement : 43-74.

Powelson D. S. et Jenkinson D. S., 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil: II. Gamma irradiation, autoclaving, air-drying and fumigation. Soil Biol. Biochem., **8** : 179-188.

Ramade F., 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Paris : Edisciences.

Reid, I. D., 1995. Biodegradation of lignin. Can. J. Bot., **73** (1) : 1011-1018.

Ritz J., 1989. Discours sur la fertilité. In : Sébillotte M., éd. Fertilité et système de production. Paris : INRA : 59-132.

Roméo J.-J., 1995. Contribution à la minéralisation du carbone et de l'azote des matières organiques associées aux fractions granulométriques d'un sol ferrallitique . Effet du mode de gestion des sols. Mémoire de Certificat d'Etudes Supérieures d'Agronomie. INRA-ENSA Montpellier. 36 p. + annexes.

Roose E. J., 1979a. Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique gravillonnaire issu de granite sous culture et sous savane arbustive soudanienne du Nord de la Côte d'Ivoire (Korhogo). Cahiers ORSTOM, Sér. Pédol., **17** (2) : 81-118.

Roose E. J., 1979a. Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique très désaturé sur sédiments argilo-sableux sous culture et sous forêt dense humide subéquatoriale du Sud de la Côte d'Ivoire (Adiopodoumé) : l'érosion et le bilan hydrique. Cahiers ORSTOM, Sér. Pédol., **17** (4) : 25-47.

Roose E. J., 1993. Capacité des jachères naturelles à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. *In* : La jachère en Afrique de l'Ouest. Atelier international. 2-5 décembre 1991. Montpellier : ORSTOM : 233-244.

Roose E. J., 1994. Une méthode traditionnelle de restauration des sols : le zaï au pays Mossi (Burkina Faso). Bull. Res. Erosion, **14** : 23-29

Sébillotte M., 1991. Fertilité et système de production. Essai de problématique générale. *In* : Fertilité et système de production. Paris : INRA : 13-58.

Sedogo M. P., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur le fertilité. Thèse de Doctorat és-Science. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 333 p. + annexes.

Siband P., 1974. Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. L'Agronomie Tropicale, **29** : 1228-1248.

Singh J. S., Raghubanshi A. S. et Singh R. S., 1989. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savannah. Nature, **338** : 499-500.

Schneider D. C., 1994. Quantitative ecology. Spatial and temporal scaling. San Diego : Academic Press.

Somé N. A., 1994. Rôle de la jachère dans l'amélioration de la fertilité des sols en zone soudanienne : dynamique de la végétation et évolution des caractères pédologiques. Résultats préliminaires. *In* : Systemes agraires et agriculture durable en zone sub-sahélienne. Stockholm : FIS : 219-235

Somé N. A., 1996. Les systèmes écologiques post-cultureux de la zone soudanienne (Burkina Faso) : Structure Spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse de Doctorat. Université Paris IV. 212 p. + annexes.

Swift J. M., Heal O. W. et Anderson J. M., 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford : Blackwell Scientific Publications.

Taonda S. J.-B., 1995. Evolution de la fertilité des sols sur un front pionnier en zone nord-soudanienne (Burkina Faso). Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine ; 191p.

Taonda S. J.-B., Bertrand R., Dickey J., Morel J.L. et Sanon K., 1995. Dégradation des sols en agriculture minière au Burkina Faso. Cahiers Agricultures, 4 (5) : 363-369.

Theng B. K. G., Tate K. R. et Sollins P., 1989. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: Coleman D.C., Oades J.M. et Uehara G., ed. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu : University of Hawaii Press : 5-32.

Tisdall J. M. et Oades J. M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soil. J. Soil Sci., 33 : 141-163.

Vance E. D., Brookes P. C. et Jenkinson D. S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial C. Soil Biol. Biochem., 19 : 159-164.

Van Der Pol (F.), 1991. L'épuisement des terres, une source de revenus pour les paysans au Mali-Sud. *In* : Savanes d'Afrique terres fertiles ? Actes des rencontres internationales. Paris : Ministère de la Coopération et du Développement : 403-418.

Van Veen J. A. et Kuikman P. J., 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. Biogeochem, **11**: 213-234.

Vong P. C., Kabibou I. et Jacquin F., 1990. Etudes des corrélations entre biomasse microbienne et différentes fractions d'azote organique présentes dans deux sols Lorrains. Soil Biol. Biochem., **22** : 385-392.

Voroney R. P. et 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.

Wommer P. L., Martin A., Albrecht A., Resck D. V. S. et Scharpenseel H. W., 1994. The importance and management of soil organic matter in the tropic. In : Wommer P. L. et Swift M. J., eds. The biological management of tropical soil fertility. John Willey & Son : 47-81

Walinga I., Van Vark W., Houba V. J. G. et Van der Lee J. J., 1989. Plant analysis procedures. Dpt. Soil Sc. Plant Nutr. Wageningen Agricultural University. Syllabus, **Part 7** : 197-200.

Yaméogo G., 1997. Etude diagnostique de la flore, de la végétation et du sol de jachères d'âges différents, dans le terroir de Thiougou (Burkina Faso). Mémoire de DEA. Université Nationale de Côte d'Ivoire. 57 p.

Young A., 1989. Agroforestry for soil conservation. CAB International, ICRAF, Wallingford, Nairobi.

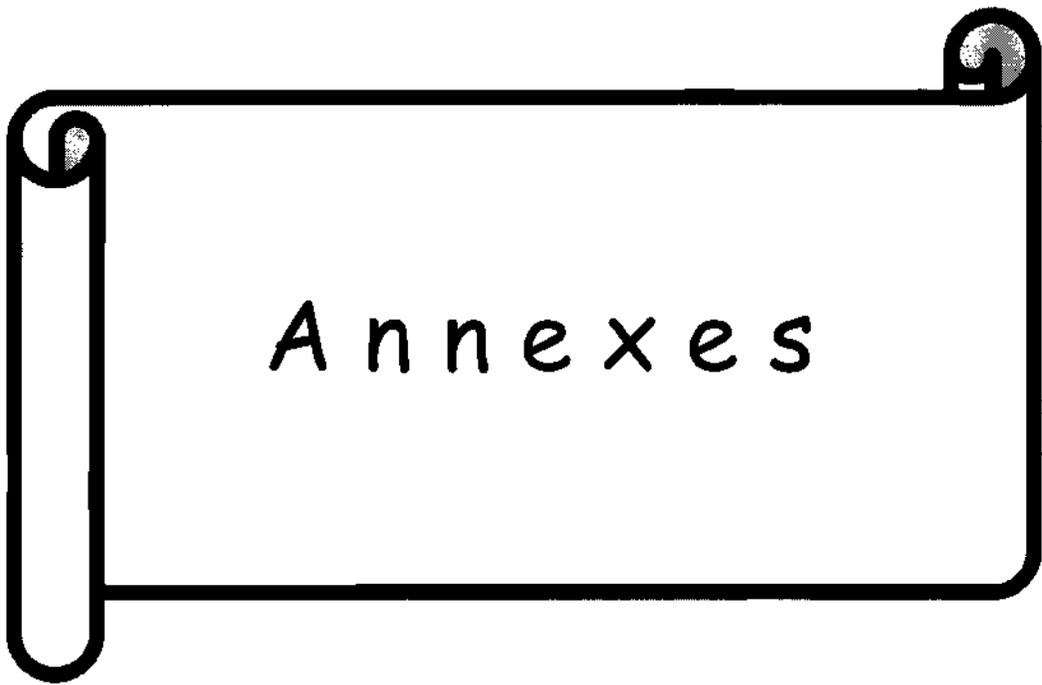
Zech J., Kochanoski R. K. et Anderson T.-H., 1997. Organic matter available for denitrification in different soil fractions : effect of freeze /thaw cycles and Traw disposal. J. Soil Sci., **42** : 216-222.

Zhang H., Thompson M. L. et Sandor J. A., 1988. Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated arguudolls and hapludalfs derived from loess. Soil Sci. Soc. Amer. J., **52** : 216-222.

Zombré P., Djimadoum M., Somé N.A. et de Blic P., 1995. Étude pédologique du terroir de Sobaka, forêt classée du Nazinon (Burkina Faso). Texte et carte. Ouagadougou : IRBET/ ORSTOM : 41 p.+ carte.

Zoungrana I., 1991. Recherches sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse Doct. Es-Sc. Nat. Université Bordeaux III. 277 p.

Zoungrana I., 1993. Les jachères nord-soudaniennes : diversité stabilité et évolution des communautés végétales. *In* : Floret Ch. et Serpantie G., eds. La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris : ORSTOM. Colloques et séminaires : 351-357.



Annexes

# ANNEXES

## Annexe 1 : Fractionnement granulométrique de la matière organique du sol

### Annexe 1 A : Distribution des particules organo-minérales du sol de la jachère de 6 ans

	Fractions organo-minérales				Poids total
	> 200 $\mu\text{m}$	200 – 50 $\mu\text{m}$	50 – 20 $\mu\text{m}$	< 20 $\mu\text{m}$	
<b>Répétition 1</b>	52,03	19,71	13,53	13,88	99,15
<b>Répétition 2</b>	50,08	20,72	14,04	14,32	99,21
<b>Répétition 3</b>	50,86	20,39	13,69	14,27	99,21
<b>Répétition 4</b>	49,29	20,86	14,78	14,20	99,13
<b>Répétition 5</b>	51,10	19,60	13,64	14,36	98,66
<b>Moyenne</b>	50,67	20,26	13,95	14,21	99,09

### Annexe 1 B : Distribution des particules organo-minérales du sol de la jachère de 10 ans

	Fractions organo-minérales				Poids total
	> 200 $\mu\text{m}$	200 – 50 $\mu\text{m}$	50 – 20 $\mu\text{m}$	< 20 $\mu\text{m}$	
<b>Répétition 1</b>	29,37	24,33	22,48	23,09	99,27
<b>Répétition 2</b>	29,46	24,11	23,14	22,62	99,33
<b>Répétition 3</b>	31,68	23,18	20,90	23,40	99,16
<b>Répétition 4</b>	30,05	23,40	22,57	23,13	99,15
<b>Répétition 5</b>	29,70	23,63	22,91	22,96	99,20
<b>Moyenne</b>	30,05	23,76	22,40	23,04	99,25

**Annexe 1 C** : Distribution des particules organo-minérales du sol de la jachère de 20 ans

	<b>Fractions organo-minérales</b>				<b>Poids total</b>
	<b>&gt; 200 µm</b>	<b>200 – 50 µm</b>	<b>50 – 20 µm</b>	<b>&lt; 20 µm</b>	
<b>Répétition 1</b>	48,85	24,97	14,15	11,17	99,74
<b>Répétition 2</b>	50,47	22,59	14,55	11,72	99,33
<b>Répétition 3</b>	40,60	24,57	14,73	11,59	100,49
<b>Répétition 4</b>	50,21	23,46	14,19	11,91	99,77
<b>Répétition 5</b>	50,96	22,42	14,55	12,01	99,94
<b>Moyenne</b>	50,02	23,60	14,43	11,80	99,85

**Annexe 1 D** : Distribution des particules organo-minérales du sol de la jachère de 30 ans dominée par *Andropogon ascinodis*

	<b>Fractions organo-minérales</b>				<b>Poids total</b>
	<b>&gt; 200 µm</b>	<b>200 – 50 µm</b>	<b>50 – 20 µm</b>	<b>&lt; 20 µm</b>	
<b>Répétition 1</b>	51,10	16,80	13,26	16,56	98,72
<b>Répétition 2</b>	52,80	16,42	13,48	16,14	98,82
<b>Répétition 3</b>	54,05	16,27	13,87	15,58	99,77
<b>Répétition 4</b>	54,04	15,80	13,86	15,80	99,50
<b>Répétition 5</b>	54,56	15,41	13,92	15,11	99,02
<b>Moyenne</b>	53,51	16,14	13,68	15,84	99,17

**Annexe 1 E :** Distribution des particules organo-minérales du sol de la jachère de 30 ans dominée par *Cochlospermum planchonii*

	<b>Fractions organo-minérales</b>				
	<b>&gt; 200 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>200 – 50 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>50 – 20 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>&lt; 20 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Poids total</b>
<b>Répétition 1</b>	41,24	22,00	20,53	15,44	99,21
<b>Répétition 2</b>	41,39	23,34	19,22	15,07	99,02
<b>Répétition 3</b>	40,32	24,25	19,03	15,20	98,80
<b>Répétition 4</b>	42,05	22,45	19,55	15,29	99,34
<b>Répétition 5</b>	39,04	23,18	20,49	15,16	98,87
<b>Moyenne</b>	40,85	23,20	19,76	15,23	99,04

**Annexe 1 F :** Distribution des particules organo-minérales du sol de la jachère de 40 ans

	<b>Fractions organo-minérales</b>				
	<b>&gt; 200 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>200 – 50 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>50 – 20 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>&lt; 20 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Poids total</b>
<b>Répétition 1</b>	57,28	19,18	11,74	11,35	99,55
<b>Répétition 2</b>	59,79	17,37	11,08	10,85	99,09
<b>Répétition 3</b>	58,19	18,61	11,16	11,49	99,45
<b>Répétition 4</b>	57,57	18,35	11,78	11,73	99,43
<b>Répétition 5</b>	58,51	17,69	11,26	11,40	99,06
<b>Moyenne</b>	58,27	18,28	11,40	11,36	99,31

## Annexe 2 : Aspects méthodologiques de la constitution des sols incomplets

A titre d'illustration, schématiquement la méthode mise en œuvre pour l'obtention des *sols incomplets* de chacune des jachères peut être étayée par les tableaux ci dessous :

### 1. Sol privé de la fraction < 20 µm (S<sub>1</sub>)

Fractions	< 20 µm	20-50 µm	50-200 µm	>200 µm	Total
<b>Quantité en gramme</b>	<b>*15,84</b>	<b>13,68</b>	<b>16,14</b>	<b>53,51</b>	<b>100</b>

\* : Sable de Fontainebleau

### 2. Sol privé de la fraction 20-50 µm (S<sub>2</sub>)

Fractions	< 20 µm	20-50 µm	50-200 µm	>200 µm	Total
<b>Quantité en gramme</b>	<b>15,84</b>	<b>13,68*</b>	<b>16,14</b>	<b>53,51</b>	<b>100</b>

\* : Sable de Fontainebleau

### 3. Sol privé de la fraction 50-200 µm (S<sub>3</sub>)

Fractions	< 20 µm	20-50 µm	50-200 µm	>200 µm	Total
<b>Quantité en gramme</b>	<b>15,84</b>	<b>13,68</b>	<b>16,14*</b>	<b>53,51</b>	<b>100</b>

\* : Sable de Fontainebleau

### 4. Sol privé de la fraction >200 µm (S<sub>4</sub>)

Fractions	< 20 µm	20-50 µm	50-200 µm	>200 µm	Total
<b>Quantité en gramme</b>	<b>15,84</b>	<b>13,68</b>	<b>16,14</b>	<b>53,51*</b>	<b>100</b>

\* : Sable de Fontainebleau

### 5. Témoin entièrement reconstitué (TR)

Fractions	< 20 µm	20-50 µm	50-200 µm	>200 µm	Total
<b>Quantité en gramme</b>	<b>15,84</b>	<b>13,68</b>	<b>16,14</b>	<b>53,51</b>	<b>100</b>

**Annexe 3 : Cinétique de minéralisation du carbone ( $\mu\text{g C-CO}_2/50\text{g sol sec}$ ) dans les sols incomplets et dans les sols témoins (0 - 10 cm)**

Jachères	Sols incomplets				TR	TN
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>		
<b>J6</b>						
7 <sup>ème</sup> jour	1056	3006	2916	2976	<b>3216</b>	<b>2220</b>
14 <sup>ème</sup> jour	0696	1656	1556	1326	<b>1926</b>	<b>1410</b>
21 <sup>ème</sup> jour	0408	0978	0738	0738	<b>1098</b>	<b>855</b>
<b>J10</b>						
7 <sup>ème</sup> jour	1416	3096	3306	3126	<b>3426</b>	<b>2430</b>
14 <sup>ème</sup> jour	1146	1626	1716	1296	<b>2016</b>	<b>1830</b>
21 <sup>ème</sup> jour	0738	0888	0888	1128	<b>1158</b>	<b>1770</b>
<b>J20</b>						
7 <sup>ème</sup> jour	0786	2466	5566	2766	<b>2556</b>	<b>1350</b>
14 <sup>ème</sup> jour	0396	0876	1116	1446	<b>0966</b>	<b>690</b>
21 <sup>ème</sup> jour	0258	0588	0588	0498	<b>0438</b>	<b>510</b>
<b>J30 Aa</b>						
7 <sup>ème</sup> jour	1866	3036	3085	3126	<b>3456</b>	<b>2880</b>
14 <sup>ème</sup> jour	0816	1656	1776	1326	<b>1866</b>	<b>1830</b>
21 <sup>ème</sup> jour	0468	0768	0948	0858	<b>0888</b>	<b>780</b>
<b>J30 Cp</b>						
7 <sup>ème</sup> jour	1296	3936	3786	3846	<b>4356</b>	<b>2356</b>
14 <sup>ème</sup> jour	0756	2316	2346	2166	<b>2556</b>	<b>1515</b>
21 <sup>ème</sup> jour	0288	1668	1338	1008	<b>1188</b>	<b>840</b>
<b>J40</b>						
7 <sup>ème</sup> jour	1086	3516	3576	3546	<b>3906</b>	<b>2070</b>
14 <sup>ème</sup> jour	0576	1986	2256	1896	<b>2376</b>	<b>1215</b>
21 <sup>ème</sup> jour	0468	0978	1248	1428	<b>0918</b>	<b>1095</b>

TR : témoin reconstitué (sol reconstitué après fractionnement)

TN : témoin normal (sol non fractionné)

**Annexe 4 :** Evolution des contributions (calculées) des fractions à la minéralisation du carbone ( $\mu\text{g C-CO}_2/\text{poids fraction}$ ).

Jachères	Fractions granulométriques ( $\mu\text{m}$ )				Total	TR	TN
	< 20	20 - 50	50 - 200	> 200			
<b>J6</b>							
7 <sup>ème</sup> jour	2160	210	300	240	3216	<b>2910</b>	<b>996</b>
14 <sup>ème</sup> jour	1230	270	360	600	2460	<b>1926</b>	<b>516</b>
21 <sup>ème</sup> jour	690	120	360	360	1530	<b>1088</b>	<b>243</b>
Cumul	4080	600	1020	1200	6900	<b>6240</b>	<b>1755</b>
<b>J10</b>							
7 <sup>ème</sup> jour	2010	330	120	300	3426	<b>2760</b>	<b>936</b>
14 <sup>ème</sup> jour	870	390	290	720	2270	<b>2016</b>	<b>186</b>
21 <sup>ème</sup> jour	420	270	270	30	990	<b>1158</b>	<b>-12</b>
Cumul	3250	990	690	1050	5980	<b>6600</b>	<b>1110</b>
<b>J20</b>							
7 <sup>ème</sup> jour	306	90	-210	00	2556	186	<b>1206</b>
14 <sup>ème</sup> jour	180	90	-150	-494	374	<b>966</b>	<b>279</b>
21 <sup>ème</sup> jour	42	-150	-150	-60	-318	<b>438</b>	<b>-72</b>
Cumul	2520	30	-300	-750	1500	<b>3960</b>	<b>1410</b>
<b>J30 Aa</b>							
7 <sup>ème</sup> jour	1590	420	360	330	3456	<b>2700</b>	<b>576</b>
14 <sup>ème</sup> jour	1050	210	90	540	1890	<b>1866</b>	<b>36</b>
21 <sup>ème</sup> jour	420	120	-60	30	510	<b>888</b>	<b>108</b>
Cumul	3060	750	360	900	5100	<b>6210</b>	<b>720</b>
<b>J30 Cp</b>							
7 <sup>ème</sup> jour	3060	420	570	510	4356	<b>4560</b>	<b>2000</b>
14 <sup>ème</sup> jour	1800	240	210	390	2640	<b>2556</b>	<b>1041</b>
21 <sup>ème</sup> jour	900	-480	-150	180	450	<b>1188</b>	<b>348</b>
Cumul	5760	180	630	1080	7650	<b>8100</b>	<b>3389</b>
<b>J40</b>							
7 <sup>ème</sup> jour	2820	390	330	360	3906	<b>3900</b>	<b>1836</b>
14 <sup>ème</sup> jour	1800	390	120	480	2790	<b>2776</b>	<b>1161</b>
21 <sup>ème</sup> jour	450	-60	-330	-510	-455	<b>918</b>	<b>-177</b>
Cumul	4890	540	-60	150	5520	7020	<b>2640</b>

\*; TR : témoin reconstitué (sol reconstitué après fractionnement) ; TN : témoin normal (sol non fractionné).

**Annexe 5** : Evolution de l'accumulation brute de l'azote minéral total ( $\mu\text{g}$  N/50g sol sec) dans les sols incomplets (0 – 10 cm).

<b>Temps (jours)</b>	<b>Jachères</b>					
	<b>J6</b>	<b>J10</b>	<b>J20</b>	<b>J30 Aa</b>	<b>J30 Cp</b>	<b>J40</b>
S <sub>1</sub>	278,52	354,40	361,16	444,23	368,48	527,78
S' <sub>1</sub>	308,88	512,04	366,28	416,43	439,42	484,81
S <sub>2</sub>	1066,22	1380,14	1102,97	1263,17	1363,90	1360,11
S' <sub>2</sub>	1119,33	1447,08	1277,05	1518,42	1336,84	1339,23
S <sub>3</sub>	1109,56	1516,88	852,50	1319,29	1265,89	1566,36
S' <sub>3</sub>	1001,28	1152,00	1123,47	1393,35	1292,95	1487,74
S <sub>4</sub>	1171,03	1686,99	1278,93	1486,25	1441,25	1695,05
S' <sub>4</sub>	1072,88	1514,20	1209,79	1462,80	1536,33	1599,60
<b>TR</b>	<b>1144,46</b>	<b>1599,28</b>	<b>1228,05</b>	<b>1584,43</b>	<b>1518,97</b>	<b>1712,11</b>
<b>TR'</b>	<b>1092,13</b>	<b>1587,59</b>	<b>1190,73</b>	<b>1615,37</b>	<b>1504,15</b>	<b>17,71</b>
<b>TN</b>	<b>1770,25</b>	<b>2694,25</b>	<b>2365,40</b>	<b>3823,5</b>	<b>3389,60</b>	<b>1580,32</b>
<b>TN'</b>	<b>1790,25</b>	<b>2681,25</b>	<b>2362,25</b>	<b>3754,50</b>	<b>3385,64</b>	<b>1558,18</b>

**Annexe 6 :** Evolution de la biomasse microbienne ( $\mu\text{g C-CO}_2/50\text{g sol}$ ) des sols incomplets au cours de l'installation de la jachère (0 - 10 cm).

Temps (jours)	Jachères					
	J6	J10	J20	J30 Aa	J30 Cp	J40
$S_1$	0,073	0,951	0,951	2,707	1,537	4,610
$S'_1$	0,366	0,073	2,707	0,659	1,098	0,659
$S_2$	1,976	2,707	2,854	3,146	3,439	3,732
$S'_2$	2,561	5,195	3,000	2,122	2,707	1,976
$S_3$	4,024	3,732	2,122	1,537	6,073	1,976
$S'_3$	2,854	2,122	2,707	2,854	4,171	1,537
$S_4$	3,585	5,488	2,122	4,463	5,780	3,439
$S'_4$	3,000	5,195	2,122	3,439	5,049	2,415
TR	2,707	3,439	2,854	4,463	1,390	2,268
TR'	2,268	4,317	4,756	3,878	4,171	2,415
TN	3,660	4,170	4,100	3,510	4,540	3,300
TN'	4,100	4,540	3,590	4,030	4,540	3,660