

BURKINA FASO

Unité - Progrès – Justice

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Polytechnique de Bobo-
Dioulasso
(U.P.B)

Centre National de Recherche
Scientifique et Technologique
(C.N.R.S.T)

Institut du Développement Rural
(I.D.R)

Institut de l'Environnement et de
Recherches Agricoles
(I.N.E.R.A)

GRN/SP

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE IDR

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur du
Développement Rural : Option Agronomie

THEME :

**Impact des jachères courtes naturelles ou améliorées à
Andropogon gayanus Kunth. sur les statuts organique, biologique
et micro biologique des sols en zone sud soudanienne du Burkina
Faso**

Directeur de mémoire : Dr N. Antoine SOME

Maître de stage : Ablassé BILGO

Juillet 2002

BASSONON Begnakiré Sandrine

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	I
LISTE DES TABLEAUX	I
DÉDICACE	II
REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I - CADRE DE L'ÉTUDE.....	3
1.1- PROBLEMATIQUE.....	3
1.2- OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	4
1.2.1- <i>Objectif global</i>	4
1.2.2- <i>Les objectifs spécifiques</i>	4
1.3- LES HYPOTHÈSES DE TRAVAIL.....	4
CHAPITRE II- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	6
2.1. DEFINITION DE LA JACHÈRE	6
2.2. TYPES DE JACHÈRES	6
2.2.1. <i>Jachère naturelle de longue durée</i>	6
2.2.2. <i>Jachère naturelle de courte durée</i>	7
2.2.3. <i>Jachère courte améliorée</i>	7
2.3. JACHÈRE ET FERTILITÉ DES SOLS	7
CHAPITRE III- PRÉSENTATION DU MILIEU DE L'ÉTUDE	11
3.1. MILIEU PHYSIQUE	11
3.1.1. <i>Localisation géographique</i>	11
3.1.2. <i>Climat</i>	11
3.1.2.1. <i>Pluviosité</i>	11
3.1.2.2. <i>Evapotranspiration potentielle (ETP)</i>	11
3.1.2.3. <i>Température</i>	12
3.1.3. <i>Géomorphologie</i>	12
3.1.4. <i>Sols</i>	13
3.1.4.1. <i>Les sols du plateau</i>	13
3.1.4.2. <i>Les sols du bas glacis</i>	13
3.1.5. <i>Végétation</i>	13
3.2. MILIEU HUMAIN	15
3.2.1. <i>Population et principaux groupes ethniques</i>	15
3.2.2. <i>Activités socio-économiques</i>	15
3.2.2.1. <i>Systèmes de culture</i>	15
3.2.2.2. <i>Systèmes de production</i>	15
3.2.2.3. <i>Autres activités</i>	16
3.3. CONCLUSION	16
CHAPITRE IV- MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	18
4.1. MATÉRIELS	18
4.1.1 <i>Les essais</i>	18
4.1.2 <i>Les parcelles</i>	18
4.1.3 <i>Prélèvement des sols</i>	19

4.2. METHODES	19
4.2.1. <i>Caractérisation chimique des sols</i>	19
4.2.1.1. Dosage du carbone total	19
4.2.1.2. Dosage de l'azote total	19
4.2.1.3. Dosage du phosphore assimilable, du phosphore total et du potassium total	20
4.2.1.4. Mesure du pH_{H_2O} et pH_{KCl} du sol	20
4.2.2. <i>Méthodes de caractérisation de l'activité biologique du sol</i>	20
4.2.2.1. Test respirométrique	20
4.2.2.2. Minéralisation de l'azote	21
4.2.3. <i>Essais en vase de végétation</i>	21
4.2.3.1. Méthode	22
4.2.3.2. Dosage de l'azote total et du phosphore total dans les parties aériennes	22
4.2.3.3. Détermination du nombre de spores de champignons endomycorhiziens	23
4.2.3.4. Détermination du taux de mycorhization au niveau des racines	23
4.2.3.5. Comptage des nodules	23
4.3. TRAITEMENT DES DONNEES	24
CHAPITRE V : IMPACT DES JACHÈRES SUR LA FERTILITÉ CHIMIQUE DU SOL.....	25
5.1. LE CARBONE TOTAL, L'AZOTE TOTAL ET LE RAPPORT C/N DU SOL	25
5.1.1. <i>Teneurs en carbone total du sol en fonction des traitements</i>	25
5.1.2. <i>Teneurs en azote total du sol</i>	26
5.1.3. <i>Le rapport C/N</i>	26
5.2. LE PHOSPHORE TOTAL, LE PHOSPHORE ASSIMILABLE ET LE POTASSIUM TOTAL DU SOL	27
5.2.1. <i>Teneurs en phosphore total du sol</i>	27
5.2.2. <i>Teneurs en phosphore assimilable du sol</i>	28
5.2.3. <i>Teneurs en potassium total du sol</i>	28
5.3. pH_{H_2O} ET pH_{KCl} DU SOL	29
5.4. DISCUSSION	30
CHAPITRE VI : IMPACT DES JACHÈRES SUR LA FERTILITÉ BIOLOGIQUE DU SOL	33
6.1. MINÉRALISATION DU CARBONE ET DE L'AZOTE	33
6.1.1. <i>Impact des traitements sur la minéralisation du carbone</i>	33
6.1.1.1. <i>Dégagement journalier du carbone</i>	33
6.1.1.2. <i>Dégagement cumulé du carbone</i>	35
6.1.2. <i>Impact des traitements sur la minéralisation de l'azote</i>	35
6.2. DISCUSSION	37
CHAPITRE VII : TEST DE COMPORTEMENT DE PLANTES	39
7.1. CROISSANCE DES PLANTES TESTÉES	39
7.2. BIOMASSE AÉRIENNE ET RACINAIRE DES PLANTES TESTÉES	42
7.3. TENEURS EN AZOTE ET PHOSPHORE DANS LA BIOMASSE AÉRIENNE DU COTON	44
7.3. ACTIVITÉ MYCORHIZOGÈNE	45
7.4. DISCUSSION	48
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	50
BIBLIOGRAPHIE.....	52
ANNEXES	57

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Pluviosité moyenne mensuelle de l'année 2001 dans la zone du plateau	12
Figure 2 : Teneurs en carbone total du sol	25
Figure 3 : Teneurs en azote total du sol	26
Figure 4 : Rapport C/N du sol	27
Figure 5 : Teneurs en phosphore total du sol	27
Figure 6 : Teneurs en phosphore assimilable du sol	28
Figure 7 : Teneurs en potassium total du sol	29
Figure 8 : Valeurs du pH_{H_2O} du sol	29
Figure 9 : Valeurs du pH_{KCl} du sol	30
Figure 10 : Courbes d'évolution journalière du dégagement du carbone sous forme de CO_2	34
Figure 11 : Quantité de CO_2 cumulé au bout de 21 jours d'incubation	35
Figure 12 : Quantité d'azote minéral présent dans le sol avant incubation	36
Figure 13 : Quantité d'azote minéralisé au bout de 21 jours d'incubation	36
Figure 14 : Courbes des hauteurs des plants de cotonnier des différents essais en fonction des traitements	40
Figure 15 : Courbes des hauteurs des plants de <i>Crotalaria ochroleuca</i> des différents essais en fonction des traitements	41
Figure 16 : Biomasse aérienne du cotonnier (g)	42
Figure 17 : Biomasse aérienne du <i>Crotalaria</i> (g)	43
Figure 18 : Biomasse racinaire du cotonnier (g)	43
Figure 19 : Biomasse racinaire du <i>Crotalaria</i> (g)	44
Figure 20 : Teneurs en azote total dans les parties aériennes du cotonnier	45
Figure 21: Teneur en Phosphore total dans les parties aériennes du Cotonnier	45
Figure 22 : Nombre de spores de Champignon dans 100 g de sol (Cotonnier)	46
Figure 23 : Nombre de spores de Champignon dans 100 g de sol (<i>Crotalaria</i>)	47
Figure 24 : Nombre de vésicules /cm de racine de Cotonnier	47
Figure 25: Nombre de vésicules /cm de racine de <i>Crotalaria ochroleuca</i>	48
Figure 26 : Nombre de nodules par racine de <i>Crotalaria ochroleuca</i>	48

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Teneurs en argiles + limon fin (%) des parcelles étudiées ...	18
Tableau 2 : Quantités de CO_2 (mg/100g de sol) dégagé le premier jour d'incubation ...	33

Dédicace

A mon père Feu BASSONON Léopold

A ma mère BASSONON née KANDO Véronique

*A mes frères et soeurs : Aline, Rose Sidonie, Socrate, Léticia,
Gladys Bienvenue, Charles August ; ainsi qu'à Noufou SANKARA*

Je dédie ce mémoire

Remerciements

Ce document a été réalisé sous la direction de l'Institut du Développement Rural et de celle du Projet Jachère de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) en collaboration avec l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).

Ainsi nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa réalisation. Nos sincères remerciements vont:

- Au Docteur SOME N. Antoine notre directeur de mémoire, pour sa compréhension et sa disponibilité. Il a su malgré la distance et ses fonctions se soucier à tout moment de l'avancement du document. Nous l'en remercions énormément.
- A monsieur BILGO Ablassé notre maître de stage, à qui nous tenons à dire un grand merci pour sa disponibilité et surtout pour ses multiples conseils. Il a su résoudre les contraintes de tout ordre et faire aboutir ce document dans la rigueur et surtout dans un bon climat
- Au Docteur HIEN Victor, responsable du laboratoire sol-eau-plante, qui a su à une période assez délicate nous accepter dans sa structure. Nous le remercions d'avoir mis à notre disposition tout le nécessaire au sein de sa structure pour la réalisation de ce document.
- Au Docteur OUATTARA Badiori chef du Centre de Recherche Environnementale Agricole et de formation (CREAF) de Kamboinsé pour nous avoir accueillie dans son centre et facilité nos travaux et nos déplacements.
- A Monsieur MASSE Dominique de l'IRD pour l'équipement mis à notre disposition afin qu'aboutisse ce travail. Nous le remercions pour son soutien et ses conseils.
- A Monsieur DUPONNOIS Robin de l'IRD pour sa disponibilité et ses conseils.

Ainsi nous remercions l'INERA et l'IRD qui, dans leur collaboration nous ont soutenue matériellement et financièrement.

- Nous ne saurons oublier le personnel du laboratoire Eau-Sol-Plante de l'INERA Kamboinsé pour leur encadrement technique et surtout pour leur patience et leur amabilité. Nous remercions monsieur GNANKAMBARY Zacharia, et ses collaborateurs

RAMDE Martin, OUANDAOGO Noufou, KABORE Jean-Paul, OUEDRAOGO Alain, et OUEDRAOGO Antoinette.

- Nous remercions également les secrétaires madame PODA Léocadie et SOME Alice pour leur sympathie et leur soutien.
- Nous remercions nos amis OUEDRAOGO Maxime et KABORE Issouf pour leur utile et agréable compagnie.
- Nous remercions nos professeurs, nos aînés et nos camarades de classe qui nous ont soutenue tout au long de notre cycle d'étude.

Résumé

Les pratiques culturales assuraient autrefois une bonne productivité agricole tout en maintenant le niveau de fertilité des sols. Cela était en partie dû aux longues périodes de jachères. Mais de nos jours, cette pratique a beaucoup régressé dans certaines zones. Plusieurs solutions palliatives sont alors recherchées, avec entre autres la pratique de la jachère courte naturelle et de plus en plus, celle de la jachère courte améliorée. C'est ainsi qu'à Bondoukuy, zone cotonnière, plusieurs essais ont été installés en 1994 par Serpantié et Bilgo dans le but de déterminer l'impact des jachères courtes sur la fertilité du sol.

Notre étude a porté essentiellement sur la caractérisation de la fertilité chimique, biologique et micro biologique des sols de jachères et de culture continue dans différents essais. A travers différentes méthodes de caractérisation, des données ont été obtenues sur les teneurs en éléments chimiques du sol ainsi que sur la minéralisation du carbone et de l'azote du sol d'une part, et sur le suivi de la croissance des plantes et la mycorhization de leurs racines d'autre part. Les résultats montrent que l'impact sur le sol diffère plus ou moins d'une pratique à l'autre et est également lié à la texture du sol. Une augmentation des teneurs en réserves organiques a été observée dans les traitements jachères courtes par rapport au champ permanent ; également l'activité biologique y est fortement stimulée.

Mots Clés : Bondoukuy, matière organique, activité biologique, activité microbiologique, jachères courtes, *Andropogon gayanus*.

Abstract

Being summarized the culturales practices assured formerly a good agricultural productivity while maintaining the level of fertility of grounds. It was partially due to the long periods of fallows. But nowadays, this practice declined a lot in certain zones. Several palliatives solutions are then looked for, with among others the practice of the natural short fallow more and more, that of the improved short fallow. And so to Bondoukuy, cotton zone, several attempts were installed in 1994 by Serpantié and Bilgo with the aim of determining the impact of the short fallows on the fertility of the ground. Our study concerned essentially the characterization of the chemical, biologic fertility and microbiologic of the grounds of fallows and continuous culture in various attempts. Through various methods of characterization, data were obtained on the contents in chemical elements of the ground as well as on the mineralization of the carbon and the nitrogen of the ground on one hand, and on the follow-up of the growth of plants and mycorhization of their roots on the other hand. The results show that the impact on the ground differs more or less from a practice in the other one and is also bound to the texture of the ground. An increase of the contents in organic reserves was observed in treatments short fallows with regard to the permanent field ; also the biologic activity is strongly stimulated there.

Keywords: Bondoukuy, organic matter, biologic activity, microbiologic activity, short fallows, *Andropogon gayanus*.

Introduction générale

En Afrique tropicale, le système traditionnel d'utilisation des terres consiste en une phase de culture (5 à 15 ans) suivie d'un abandon cultural (la jachère) dès qu'une baisse des rendements des cultures ou de la production agricole se fait sentir ou qu'un envahissement par des mauvaises herbes ou des parasites est observé. Dans ces zones tropicales, la pratique de la jachère a été favorisée par la grande disponibilité des terres. Il s'y est développé un système agricole traditionnel très consommateur d'espace, lié à une pratique qui privilégiait des durées de mise en jachère relativement longues pour permettre une meilleure reconstitution de la fertilité du sol (Somé, 1996).

La phase de jachère (de 10 à 30 ans) qui suit la culture permet la remontée de la fertilité grâce à un retour à la savane arbustive ou arborée (Floret et Pontanier, 2000). Selon Hoefsloot et *al.*, (1993), les aspects les plus importants des jachères de longues durées dans les systèmes itinérants traditionnels, qui en assurent la durabilité, sont le maintien d'un certain niveau de matière organique dans le sol et la restauration du niveau des éléments nutritifs. Ce rôle de restauration de la fertilité est essentiellement joué par la végétation des jachères (Somé, 1996 ; Bertrand et Gigou, 2000 ; Masse et *al.*, 2000).

Au Burkina Faso, comme dans tous les autres pays de la zone soudano-sahélienne, le système de culture-jachère a bien fonctionné jusqu'à une date récente. De nos jours, l'augmentation de la population, la tendance à la sédentarisation et la sécheresse ont induit une forte augmentation des surfaces cultivées et proportionnellement, une diminution des surfaces des jachères. De même, les temps de jachère se sont considérablement raccourcis, alors que les pressions de prélèvement sont accrues (Hien et *al.* 1997; Bilgo, 1999; Floret et Pontanier, 2001). Ce phénomène de raccourcissement de la jachère (voire sa disparition) pose de nombreux problèmes. Ainsi, plusieurs auteurs ont traité du problème de baisse des rendements et de restauration de la fertilité des sols dans les systèmes agraires présents (Sedogo, 1981 ; Sebillotte, 1989 et 1993 ; Jouve, 1993 ; Hien et *al.*, 1993 et 1997 ; Tassambedo, 2001). Il en est ressorti entre autres, que la jachère même de courte durée peut ralentir la dégradation des sols. Toutefois, selon Hien et *al.* (1993), la jachère courte a besoin d'être améliorée pour répondre à la fois à son double objectif d'augmentation de la production et de restauration de la fertilité des sols ayant atteint un certain niveau de dégradation dans un écosystème fragile.

C'est dans cette problématique que s'intègre notre étude dans laquelle sont comparés les effets de différents traitements (Jachère courte naturel le, jachère courte à *Andropogon gayanus*, jachère longue, champ permanent) sur l'état de fertilité chimique, biologique et microbiologique des sols. Ce travail comporte deux grandes parties dont la première est consacrée aux généralités de l'étude (cadre de l'étude, synthèse bibliographique, site, matériels et méthodes). La seconde est axée sur les résultats et présente successivement les impacts chimique, biologique et microbiologique des jachères sur le sol. Cette étude aboutie à une conclusion et à des perspectives.

Première Partie :

Généralités

Chapitre I - Cadre de l'étude

1.1- Problématique

Les systèmes de culture autrefois pratiqués au Burkina Faso étaient basés sur la culture itinérante avec des jachères de longue durée. Particulièrement dans la région de Bondoukuy, zone cotonnière ouest burkinabé, malgré la bonne fertilité des terres, de longues périodes de jachère étaient observées. De ce fait, le problème de fertilité des sols ne se posait pas. Cependant la région de Bondoukuy est confrontée depuis quelques décennies à des pressions diverses qui sont :

- une utilisation des réserves foncières par des migrants récents en situation précaire, donc très mobiles, à qui les autochtones concèdent les terrains considérés comme marginaux (sols inondables, gravillonnaires, érodibles, indurés) ;
- une conquête rapide des réserves par les premiers migrants enrichis par la culture du coton et du vivrier de spéculation, et l'exploitation du travail des migrants récents poursuivant ainsi la conquête des nouveaux sous-terroirs de bonne qualité foncière pris sur les jachères autochtones ;
- une pression endogène due à l'accroissement démographique, la multiplication des exploitations, la généralisation de la mécanisation et de la culture commerciale, remettant en question les caractéristiques du cycle culture-jachère dans les sous-terroirs autochtones ;
- enfin une pression de prélèvement sur les jachères puisque tous les animaux de tous les groupes en présence (autochtones, migrants) dépendent des jachères comme pâturage de soudure, et une forte pression sur le bois.

Actuellement, en raison de ces diverses pressions, la pratique de la jachère s'avère de plus en plus difficile notamment sur le bas glacis où il n'y a pratiquement plus de jachères. Parallèlement, il apparaît des problèmes liés à la dégradation des sols et à la baisse des rendements. Floret et Pontanier (2001) ont suggéré, dans des conditions similaires, «la mise au point d'une gestion adaptée de la jachère naturelle ou des méthodes de substitution, comme l'introduction dans l'assolement d'une sole fourragère ou la plantation d'arbres fixateurs d'azote à croissance rapide, pour assurer le maintien durable de l'activité agricole en Afrique

tropicale». Ainsi à Bondoukuy, il a été initié la mise en place d'une phase de jachère courte dans les zones où elle a disparu et son maintien dans les régions où elle existe toujours, avec l'éventualité d'une amélioration de cette pratique, par l'introduction d'une herbacée pérenne : *Andropogon gayanus*.

Pour cela il est nécessaire de savoir :

- quel est l'état de fertilité du sol après une jachère de courte durée ?
- l'état d'une jachère de courte durée est-il amélioré par l'introduction d'*Andropogon gayanus* ?

1.2- Objectifs de l'étude

1.2.1- Objectif global

Notre étude a pour objectif de caractériser l'état de fertilité de différents sols soumis à différents modes de gestion de jachère, notamment les impacts sur les caractéristiques chimique, biologique et microbiologique.

1.2.2- Les objectifs spécifiques

Ils sont de plusieurs ordres :

- évaluer les impacts sur les teneurs en éléments minéraux et organiques de différents sols sous différents modes de gestion ;
- évaluer l'impact des jachères courtes sur l'activité biologique des sols et comparer le pouvoir minéralisateur des sols sous différents traitements ;
- tester le comportement des plantes (*Gossypium hirsutum* et *Crotalaria ochroleuca*) sur les sols de différents types de jachères, à travers des essais en vase de végétation ;
- évaluer l'impact des jachères sur l'activité microbiologique des sols.

1.3- Les hypothèses de travail

Les hypothèses sur lesquelles sont basés nos travaux sont les suivantes :

- la jachère permet une augmentation des teneurs en éléments minéraux et organiques. Les différents travaux comparant des champs permanents et des jachères ont toujours montré que

pour les sols cultivés, le bilan annuel des éléments nutritifs est négatif et qu'à l'inverse, le bilan sous jachère est positif. Ce bilan est particulièrement dû au recyclage interne des éléments nutritifs par les graminées pérennes, c'est à dire cette capacité qu'elles ont de transférer vers les parties souterraines une partie des éléments contenus au départ dans les parties aériennes (Breman, 1982 ; Young, 1989 ; cités par Somé, 1996).

- l'activité biologique est plus intense dans la jachère qu'au niveau de la culture permanente. Boli et Roose (2000) ont obtenu en zone soudanienne, des résultats qui illustrent, du point de vue des améliorations des propriétés biologiques, l'effet favorable des jachères courtes sur la productivité des sols dégradés.

- la minéralisation du carbone est plus importante sous couverture à herbacées pérennes (*Andropogon gayanus*) que sous le traitement culture continue (Tassambedo, 2001).

Chapitre II- Synthèse bibliographique

2.1. Définition de la jachère

Plusieurs définitions de la jachère sont données dans la littérature. La jachère le plus souvent est définie comme une période de non-culture (Pieri, 1989 ; Jean, 1993 ; Jouve, 1993 ; Somé, 1996).

C'est ainsi que Sebillotte (1993) définit la jachère comme "l'état d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de mise en place de la culture suivante. La jachère se caractérise entre autres, par sa durée, par les techniques culturales qui sont appliquées à la terre, par les rôles qu'elle remplit". Elle reste par conséquent, même sous des pratiques très diverses, un moyen de gestion de la "fertilité" des sols (Somé, 1996) ; et les fonctions jouées sont liées aux différents types de jachères (Bilgo, 1999).

2.2. Types de jachères

Dans les systèmes traditionnels de culture des régions soudanaises, il existe de très nombreux types de jachères dont la durée peut varier de quelques mois à plusieurs dizaines d'années (Peltier, 1993).

2.2.1. Jachère naturelle de longue durée

La jachère naturelle longue durée permet selon Hoefsloot et al., (1993) de distinguer trois stades d'évolution :

- les premières années, la végétation naturelle qui est dominée par les graminées annuelles reste clairsemée. Ce n'est qu'au bout d'environ quatre ans que ces espèces sont remplacées par des graminées pérennes à enracinement plus fort (les espèces dominantes sont souvent *Andropogon gayanus* et *Imperata cylindrica*) ;

- au deuxième stade d'évolution, la végétation des graminées pérennes se développe avec d'autres herbacées du genre *Andropogon* et *Hyparrhenia* et parallèlement, une végétation d'arbustes s'installe ;

- au troisième stade d'évolution, la végétation d'arbustes se développe tandis que la végétation de graminées et des espèces herbacées se réduit.

2.2.2. Jachère naturelle de courte durée

La jachère naturelle de courte durée a une végétation clairsemée composée principalement de graminées annuelles. Elle correspond au premier stade d'évolution d'une jachère naturelle de longue durée (Hoefsloot et *al.*, 1993).

2.2.3. Jachère courte améliorée

Elle est selon Hoefsloot et *al.*, (1993) une innovation qui devrait contribuer à l'intensification de l'agriculture en remplaçant la jachère naturelle envahie d'une végétation spontanée composée principalement d'herbacées annuelles et d'arbustes, par des plantes améliorantes semées. L'effet améliorant de certaines plantes sur le bilan organo-minéral des sols a été démontré. Ces plantes pouvant être des ligneux comme par exemple *Gliricidia septum* (Masse et *al.*, 1999 ; Badiane et *al.*, 1999); des herbacées pérennes telles que *Andropogon gayanus* (Somé, 1996 ; Bilgo, 1999 ; Diatta et Bodian, 2000; Tassambedo, 2001); ou encore des légumineuses.

2.3. Jachère et fertilité des sols

Pour certains auteurs, la notion de fertilité doit être relativisée car on ne peut pas la dissocier de son contextes socio-économiques et historiques. Ouattara et Serpantié (2000) définissent distinctement la fertilité économique, écologique et agronomique. Mais ils conçoivent que pour l'agronome, l'utilité du concept de fertilité est surtout d'étudier l'évolution d'un milieu ou de comparer différents milieux dans le contexte d'un système de culture.

Aussi, la relation entre la jachère et la fertilité des sols a été établie depuis lors. Pour Somé (1996), le milieu post-cultural, système spatial dynamique, est le site même de reconstitution des potentiels biologiques "détruits" par la période de culture. De ces travaux, il ressort que pour le paysan de la zone soudanienne, la fertilité d'une terre n'apparaît pas comme un vague concept, mais comme une réalité physique, traduite par la présence d'une espèce

végétale, par l'aspect du sol ou par sa production. Trois stades de reconstitution sont reconnus par les paysans :

- le premier est marqué par l'apparition d'*Andropogon pseudapricus* et *Borreria stachydea* (vers 0-3 ans) ;
- le second qui marque la possibilité de remise en culture est caractérisé par la présence d'*Andropogon gayanus* (6 ans) ;
- enfin le retour à la fertilité complète est assimilée avec la présence d'*Andropogon ascinodis* (plus de 20 ans).

Selon Bertrand et Gigou (2000), les mécanismes de reconstitution de la fertilité par la jachère reposent essentiellement sur l'activité biologique et particulièrement sur le rôle de la végétation qui protège le sol de l'érosion et du ruissellement par les résidus végétaux annuels. Cette végétation accroît peu à peu les teneurs en matière organique du sol. Les racines des herbacées et aussi l'activité des arthropodes et des vers régénèrent la porosité et la structure du sol. De même, les racines profondes des ligneux remontent en surface, les éléments minéraux libérés dans les couches profondes du sol par le biais des feuilles, fleurs, fruits ou brindilles qui tombent sur le sol. Et c'est en défrichant (Masse et *al.*, 2000) que les paysans utilisent cette biomasse végétale (litières, racines) comme source d'éléments disponibles pour la plante cultivée.

Avec donc la pérennité de la végétation de la jachère naturelle (Hoefsloot et *al.*, 1993) les apports annuels de matière organique augmentent. Il existe d'après Lavigne Delville (1996), une grande variété de constituants organiques dans le sol que l'on peut classer suivant leur stade d'évolution:

- les matières organiques libres (ou fraîches) : résidus de culture, racines, feuilles, déjections... Elles sont souvent encore visibles, car non liées à la matière minérale du sol ;
- les produits transitoires, issus de la dégradation des résidus frais ou de synthèses microbiennes. Ils évolueront ensuite pour former l'humus ;

l'humus, formé de substances plus complexes et plus stables. Il constitue 50 à 80% de la matière organique présente dans un sol. Il se transforme lentement en éléments minéraux.

La matière organique joue plusieurs rôles dans le maintien de la fertilité des sols. Les rôles fondamentaux joués par la matière organique se trouvent selon Pieri (1989), à quatre niveaux :

l'activité biologique du sol qui augmente avec la matière organique, stimule le développement racinaire et par conséquent l'amélioration de l'alimentation hydrique des plantes ;

- la fonction « liant » des colloïdes organiques dans les associations organo-minérales renforce le squelette minéral et stabilise ainsi la structure du sol ;

la minéralisation de la matière organique contribue directement à la nutrition des plantes ;

- les propriétés physico-chimiques (CEC, pH et absorption de Al) dépendent partiellement de la matière organique du sol.

Cependant, avec le raccourcissement de la durée des jachères, le stock de matière organique n'a pas le temps de se reconstituer. Charreau et Nicou (1971) cités par Hoefsloot et *al.*, (1993), dans leur étude sur les jachères naturelles courtes au Sénégal ont constaté que la végétation d'une telle jachère a un enracinement peu profond et peu vigoureux et que les effets sur les propriétés du sol sont comparables à ceux d'une culture céréalière. Ainsi, sur le plan des propriétés chimiques, une telle jachère ralentit les processus d'appauvrissement, sans cependant apporter d'amélioration. De même, Boli et Roose (2000) constatent que les jachères de courte durée (2 ans) stabilisent efficacement les sols dégradés puis initient leur aération ; mais elles ne contribuent pas de manière sensible à la reconstitution du stock organique du sol.

Aussi, l'intérêt de l'amélioration de la jachère courte a été mis en évidence par plusieurs auteurs. Selon Hoefsloot et *al.*, (1993), cette technique de jachère améliorée devrait en deux ou trois ans remplir les différentes fonctions que la jachère naturelle de courte durée ne peut plus réaliser. Masse et *al.*, (2000) ont obtenu des résultats qui montrent que dans les dix premiers centimètres du sol, la présence d'*Andropogon gayanus* permet d'augmenter la biomasse de litière racinaire par rapport à une jachère naturelle, de l'ordre de soixante à cent pour cent (60 à 100 %). Il en est de même pour Yossi et *al.*, (2000) dont les résultats montrent que des jachères courtes améliorées par plantation de légumineuses ligneuses et semis de *Stylosanthes hamata* augmentent la production fourragère de la jachère et le rendement des cultures qui suivent.

Par ailleurs, certains processus intervenant au cours de la croissance des plantes peuvent être optimisés sous l'effet des jachères même de courte durée. C'est par exemple le cas de la mycorhization des racines des végétaux.

Une mycorhize peut se définir comme un organe complexe résultant de l'association intime d'une racine et d'un champignon, qui réalisent ensemble une symbiose (Dommergues et Mangenot, 1970). Les mycorhizes absorbent les hydrates de carbone de la plante hôte et en retour, elles étendent efficacement le système racinaire de la plante, en contribuant à l'extraction d'éléments nutritifs du sol (Young, 1995). Quatre vingt dix pour cent (90%) des végétaux peuvent contracter cette association. L'infection des champignons endotrophes s'effectue à partir des propagules du sol que l'on trouve sous forme de fragments racinaires, de spores d'hyphes et de sporocarpes (Guissou 1996 cité par Leye, 2001). Le contact étroit créé entre la plante et le champignon par le biais du réseau filamenteux constitue le siège d'échanges nutritifs permettant la survie et la croissance des deux partenaires. Parmi tous les groupes microbiens, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) ont un rôle majeur. Ces champignons interviennent dans le cycle du phosphore, de l'azote (Guissou, 1994 cité par Duponnois et *al.*, 2000) en facilitant l'absorption de ces éléments par la plante.

Chapitre III- Présentation du milieu de l'étude

3.1. Milieu physique

3.1.1. Localisation géographique

La région de Bondoukuy est située dans la province du Mouhoun à 100 kms de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Dédougou. Elle fait partie de la zone cotonnière du Burkina. Du point de vue géographique, cette zone est comprise entre les parallèles 11°40' et 12°00' N et les méridiens 3°40' et 4°10' W et s'étend de part et d'autre du fleuve Mouhoun (Devineau et *al.*, 1997).

3.1.2. Climat

Le climat est du type soudanien méridional avec deux saisons bien contrastées : une saison sèche de 6-7 mois et une saison pluvieuse de 5-6 mois.

3.1.2.1. Pluviosité

Les précipitations se caractérisent par l'importance de leur variation inter annuelle et par leur inégale répartition spatio-temporelle dans une même année. Les données sur la pluviosité moyenne mensuelle de l'année 2001 relevées au niveau du campement de l'IRD sont illustrées par la figure 1. Les mois les plus pluvieux sont juillet et août.

3.1.2.2. Evapotranspiration potentielle (ETP)

La valeur moyenne de l'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint 1900 mm avec 6,8 mm/j en février et mars et 3 mm/j en août. Les fortes valeurs de l'ETP sont enregistrées pendant les périodes où l'air est sec avec des températures maximales élevées. En période humide, l'hygrométrie de l'air étant élevée, l'ETP diminue. La période pendant laquelle les précipitations sont supérieures à ETP/2 correspond à la période de végétation active.

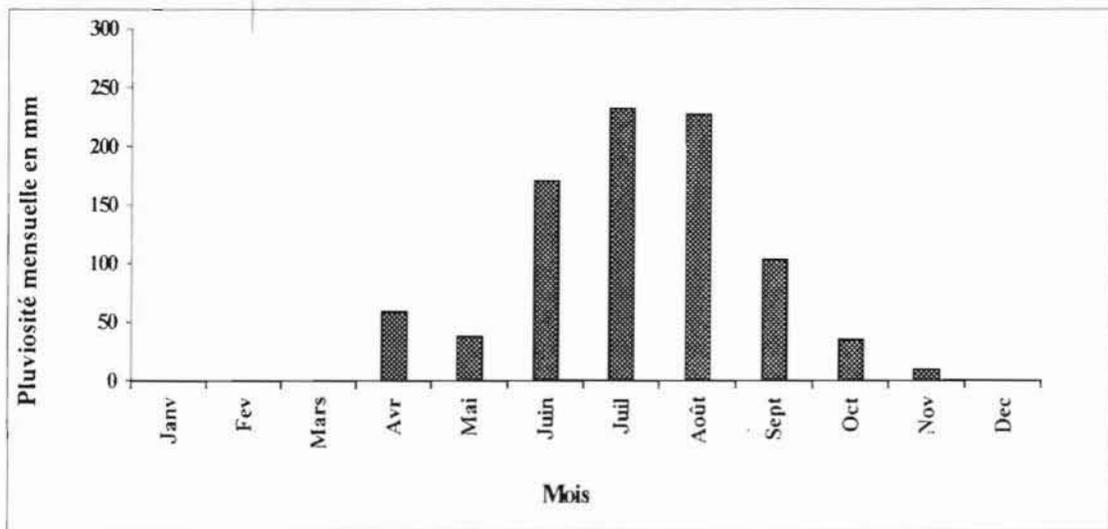


Figure 1 : Pluviosité moyenne mensuelle de l'année 2001 dans la zone du plateau (campement IRD)

3.1.2.3. Température

La température moyenne annuelle varie de 23 à 33°C. Les mois les plus chauds sont mars et avril. C'est pendant ce temps également que les amplitudes thermiques sont les plus élevées avec des maxima atteignant 42°C et des minima pouvant descendre jusqu'à 12°C. Les mois les plus frais sont décembre et janvier au cours desquels l'harmattan, vent froid et sec, souffle sur toute la région.

3.1.3. Géomorphologie

La géomorphologie de Bondoukuy se caractérise dans sa partie orientale par une plaine drainée par le Tui. A l'ouest se trouve une côte gréseuse entaillée de petits drains (côte Sara). Les différentes parties sont :

- le revers de la côte ou glacis structural de dénudation (Guillobez, 1985 cité par Lompo, 1997) forme le plateau situé à 360 m d'altitude ;
- le moyen glacis est représenté par des buttes cuirassées ou des plateaux ayant une altitude plus faible (280-360 m) ;
- Le bas glacis, domaine le plus cultivé de la région se caractérise par des surfaces planes à pente faible, bordant le fleuve Mouhoun.

3.1.4. Sols

Les principaux types de sols rencontrés dans la région de Bondoukuy sont des lithosols associés à des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou à des sols peu évolués sur matériau gravillonnaire, des sols hydromorphes à pseudogley, ainsi que des sols ferrugineux tropicaux hydromorphes (Kaloga, 1997). Particulièrement dans la partie sud de la région, on observe une association de sols ferrugineux tropicaux hydromorphes sur matériau sablo-argileux à argileux et de sols ferrallitiques sur matériau argilo-sableux

3.1.4.1. Les sols du plateau

Les sols du plateau de Bondoukuy ont été cartographiés par Zombré et Kissou en 1995. Les sols ferrugineux sont prédominants (64%) ; ils ont une structure massive et sont pauvres en éléments nutritifs. La présence de la carapace poreuse la plupart du temps au niveau des sols ferrugineux tropicaux indurés handicape l'enracinement des plantes et limite la disponibilité en eau du sol.

Les sols ferrallitiques représentent 23% de la surface du plateau. Ces sols sont généralement profonds, bien drainés, chimiquement pauvres, mais homogènes. Ils sont dépourvus d'obstacles structuraux et permettent une bonne pénétration des racines.

3.1.4.2. Les sols du bas glacis

L'étude pédologique du bas glacis de Bondoukuy a permis de cartographier à l'échelle 1/20 000, sept groupes de sols dont les plus dominants sont des sols ferrugineux lessivés à taches et concrétions (34%). Ce sont des sols faiblement structurés, de texture moyenne, modérément pourvus en matière organique, mais pauvres en bases échangeables. Les lithosols représentent 27% de la superficie et les sols ferrugineux lessivés indurés 20%.

3.1.5. Végétation

Les principaux types de formations végétales rencontrés dans la région de Bondoukuy correspondent à la végétation liée au réseau hydrographique d'une part et aux formations savanicoles d'autre part. Devineau et Fournier (1997) ont réalisé une analyse floristique qui a

permis de différencier trois principaux groupements dont ceux des sols non gravillonnaires à dominante sableuse ou argileuse. Ces groupements sont :

- la végétation des jachères ou friches herbeuses ou arborées (parc) à couvert ligneux faible sur sols hydromorphes : la flore ligneuse est pauvre et la strate herbacée peu diversifiée, a un recouvrement variable en graminées pérennes du genre *Andropogon*, *Borreria*, *Pennisetum*, etc. ;
- la végétation des jachères ou friches arbustives à *Piliostigma thonningii* ce groupement caractérise les jachères sur sols argileux hydromorphes ;
- la végétation des jachères ou friches à *Dichrostachys cinerea* et *Securinega virosa*. Il s'agit de formations arbustives, fréquemment embuissonnées, au couvert ligneux parfois important sur sols argilo-limono-sableux devenant souvent argileux en profondeur ;
- la végétation des friches ou jachères à *Pteleopsis suberosa* et *Annona senegalensis* : il s'agit de formations arbustives venant sur des sols profonds sableux à sablo-argileux souvent hydromorphes ;
- la végétation des jachères herbeuses ou arbustives à *Piliostigma reticulatum* : il s'agit de jachères ou friches herbeuses, arbustives ou buissonneuses de couvert variable, mais souvent clair, sur sols non ou faiblement gravillonnaires, parfois peu profonds.

Outre ces formations savaniques, il existe un type physiologique largement répandu, caractéristique des zones cultivées et prédominant sur tout le bas glacis; le parc arboré. Ce parc est dominé essentiellement par le karité (*Vitellaria paradoxa*) et parfois, localement par le néré (*Parkia biglobosa*). Le parc à *Faidherbia albida* est peu développé et se localise auprès des anciens villages de l'ethnie autochtone bwaba.

Cependant, la végétation des jachères de la région de Bondoukuy, à l'instar de celles des autres régions d'Afrique est soumise à de fortes pressions de prélèvement (Serpantié et al., 1993 ; Hien et al., 1997; Bilgo, 1999). Dans cette zone, des photographies aériennes révèlent que les effets de la migration récente sur le paysage végétal sont indéniables. Aussi bien sur le plateau que sur le bas glacis, l'évolution de la végétation est régressive. Les formations boisées sont en forte régression au profit des cultures et tout particulièrement des cultures de rente.

3.2. Milieu humain

3.2.1. Population et principaux groupes ethniques

En 1997, lors du dernier recensement, le département de Bondoukuy comptait environ 36824 habitants (données préfectorales), avec une superficie de 1100 km² ; soit une densité moyenne de 30 habitants au km². Les autochtones, détenteurs des terres sont d'ethnie bwaba (30% de la population). Autrefois, la disponibilité des terres cultivables a fait de Bondoukuy une région d'accueil pour les migrants : les premiers migrants installés dans les villages bwaba sont les dafing venus des régions environnantes au début du siècle. Les autres migrants sont les mossi venus essentiellement du plateau central et les peuhl qui sont venus du Nord.

3.2.2. Activités socio-économiques

3.2.2.1. Systèmes de culture

Hien et *al.*, (1997) en définissant les séries agro-écologiques comme des successions particulières de phases culturales et de jachères, ont recensé hors du voisinage immédiat de Bondoukuy, trois principales séries agro-écologiques :

- la culture itinérante, 5 ans de culture tous les trente à quarante ans. Les états actuels concernés sont les jachères d'au moins 30 ans (ou "duiré") après 5 ans de culture, et les cultures de moins de 5 ans sur défriche de "duiré" d'au moins 30 ans.
- les cultures permanentes depuis au moins 5 ans. Il s'agit de la persistance de culture d'une défriche de "duiré", exploitation qui peut atteindre dans certains cas 30 ans.
- les cultures cycliques, à partir d'une défriche de "duiré" (dans les années 1960), suit la mise en place d'un système culture-jachère plus ou moins régulier (5 à 10 ans de culture, 5 à 20 ans de jachère de type savane arbustive).

3.2.2.2. Systèmes de production

Les principales cultures de la région de Bondoukuy sont le cotonnier, le maïs et le sorgho. Autrefois le système de production se fondait sur une agriculture céréalière (maïs, mil, sorgho). Avec la culture du coton et du vivrier de spéculation, l'ancien système tend à

disparaître. Il apparaît maintenant une maîtrise progressive de l'utilisation des intrants (fertilisants chimiques, insecticides, herbicides, etc.) et une généralisation du labour attelé ou motorisé. Par ailleurs, la pression démographique incite les exploitants à se tourner de préférence vers la zone du bas glacis où, même les terres érodibles et marginales sont sollicitées. Serpantié et *al.*, (1993) distinguent trois systèmes de production :

- un système tourné essentiellement vers la satisfaction des besoins alimentaires. Ce système privilégie les cultures vivrières : sorgho, mil en association avec le niébé ou d'autres légumineuses en petites surfaces. L'élevage est restreint et limité en général au petit bétail. Il est pratiqué par les nouveaux migrants ;

- un système orienté à la fois vers la sécurité alimentaire et le marché ; c'est le système de rotation coton-céréales. Le coton bénéficie de la fumure minérale et des traitements phytosanitaires. Le coton et de plus en plus, le maïs constituent les principales sources de revenu. Ces cultures permettent d'accéder à l'achat de matériels agricoles à crédit et de bovins de trait. En fin de campagne, la vente du coton permet le remboursement des crédits ;

- un système d'élevage traditionnel à caractère extensif qui se caractérise par un élevage Peuhl et Silmimossi. Les troupeaux sont conduits en saison des pluies vers les vieilles jachères et les piémonts des collines (Kiema, 1992 cité par Serpantié et *al.* 1993).

3.2.2.3. Autres activités

Il existe à Bondoukuy :

- des apiculteurs traditionnels ;
- des tisserands traditionnels ;
- des fabricants de meubles à base de *Raphia sudanica* ;
- des forgerons ;
- des dolotières.

3.3. Conclusion

La région de Bondoukuy se caractérise par un climat de type sud soudanien marqué par deux saisons bien distinctes : une saison sèche et une saison pluvieuse. D'une année à l'autre, la pluviosité varie dans le temps et dans l'espace.

Comparativement à la région du plateau central du Burkina Faso, les sols sont favorables à l'agriculture, ce qui explique l'attrait des migrants. Sur le plateau, les sols sont sableux ou limono-sableux à limono-argileux. Kissou (1994) indique que les surfaces incultes occupées par les buttes cuirassées et les affleurements gréseux représentent 30% de la superficie totale. Les versants carapacés, servant de pâturage en hivernage, occupent au moins 15% et les zones inondables 1% ; ce qui représente environ 60 habitants au km² cultivable.

La végétation bien que régressive, est composée de savane arbustive et de parcs arborés. Elle subit une forte pression anthropique dans le domaine agro-sylvo-pastorale. Ces différents facteurs climatiques et anthropiques ne permettent plus de conduire le système de culture itinérante sur l'ensemble de la surface agricole. Cela entraîne donc une baisse de la fertilité des sols. D'où la recherche de solutions palliatives à cette baisse continue de la fertilité des sols.

Chapitre IV- Matériels et méthodes

4.1. Matériels

4.1.1 Les essais

Les essais ont été mis en place par Serpantié et Bilgo en 1994 sur un champ cultivé. Ils sont au nombre de quatre :

- les essais Sourou (S) et Zimapi (Z) sont situés au niveau du bas-glacis ;
- les essais Karembiri (K) et Guiguemdé (G) sont situés sur le plateau.

4.1.2 Les parcelles

Chaque essai comporte quatre parcelles sous différents traitements. Il y'a donc au total seize parcelles. Les différents traitements sont :

- Jachère longue ("duiré") : D ;
- Jachère courte naturelle : JN ;
- Jachère courte à *Andropogon gayanus* : JAg ;
- Champ permanent : Ch

Les parcelles des jachères courtes et du champ permanent, âgées toutes de sept (07) ans, sont contigües, tandis que le "duiré" (30 ans au moins) est pris à proximité. Les teneurs en argile et limon fin (%) des différentes parcelles étudiées sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Teneurs en argiles + limon fin (%) des parcelles étudiées

Traitements	Sites			
	Plateau		Bas glacis	
	G	K	S	Z
JN	20	8,1	35	20,1
JAg	17	7,5	17	26,7
Ch	18	8,1	33	23,1
D	25	8,6	12	23,4

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

4.1.3 Prélèvement des sols

Les prélèvements ont été faits dans chacune des parcelles de chaque essai sur l'horizon 0-10 cm. Cet horizon a été décapé sur une surface de 1m^2 en trois répétitions afin de mieux cerner l'hétérogénéité du milieu. Cela permet d'avoir un échantillon moyen rassemblant les effets sous-touffe et hors-touffe dans les jachères à *Andropogon gayanus* où trois touffes ont été initialement recensées dans chaque carré de prélèvement.

4.2. Méthodes

4.2.1. Caractérisation chimique des sols

4.2.1.1. Dosage du carbone total

La méthode utilisée est celle de Walkley-Black. Le sol dont la prise d'essai est inférieure à 10g est soumis à une oxydation à froid par une solution normale de 10 ml bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en excès, en présence d'acide sulfurique. Le bichromate de potassium transforme le carbone du sol en CO_2 . La quantité de bichromate de potassium réduite est proportionnelle à la teneur en carbone. L'excès de bichromate est dosé par une solution de sel de Mohr $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_6$ en présence de diphénylamine. On obtient alors la quantité de bichromate réduite par différence entre le volume de sel de Mohr utilisé pour un échantillon blanc et celui de l'échantillon analysé. L'oxydation du carbone n'étant pas complète, le résultat est corrigé par le facteur 1,33.

4.2.1.2. Dosage de l'azote total

L'azote est dosé par la méthode Kjeldahl.

Cette méthode comprend deux étapes :

- la minéralisation de l'échantillon qui transforme l'azote en azote ammoniacal sous l'action oxydative de l'acide sulfurique concentré et d'un catalyseur à ébullition ;
- l'azote ammoniacal ainsi obtenu est dosé par colorimétrie automatique.

4.2.1.3. Dosage du phosphore assimilable, du phosphore total et du potassium total

- La méthode Bray 1 a été utilisée pour le dosage du phosphore assimilable à un pH 3,5 avec un rapport d'extraction de 1/7 (2g de sol pour 14ml de solution Bray 1 (NH_4F)) et un temps d'extraction d'une minute. L'acide chlorhydrique est utilisé pour extraire les formes de phosphore (P) solubles dans l'acide. Le fluorure d'ammonium dissout les phosphates de Fe et d'Al en formant un complexe entre ces ions et ceux des métaux en solution acide.

- Le phosphore total est dosé par colorimétrie automatique.
- Le potassium total est dosé par photométrie à flamme.

4.2.1.4. Mesure du $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ et pH_{KCl} du sol

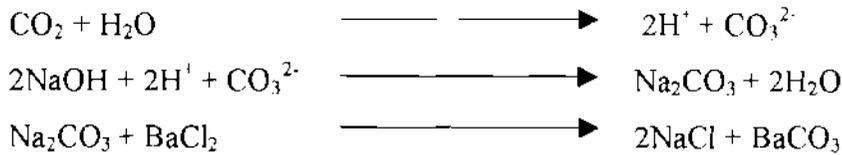
Les mesures de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ et de pH_{KCl} sont effectuées sur chaque échantillon. Le pH est mesuré selon la méthode électrométrique à électrode de verre, à l'aide d'un pH-mètre avec un rapport sol/solution de 1/2,5. La suspension sol/eau (ou KCl) doit subir une phase d'agitation (1 heure) avant la lecture au pH-mètre.

4.2.2. Méthodes de caractérisation de l'activité biologique du sol

4.2.2.1. Test respirométrique

Le dispositif utilisé est celui conçu par Guckert (1968) et décrit par Hien (1990). Cette méthode permet au cours d'une période d'incubation de 21 jours, de mesurer quotidiennement la minéralisation de la matière organique du sol ou incorporée au sol, par le dosage du CO_2 dégagé. L'activité respirométrique, c'est-à-dire le dégagement du CO_2 par les micro-organismes du sol, est proportionnelle à la quantité de carbone organique minéralisé. Les échantillons de sol dont la prise d'essai est de 100g sont humidifiés au 2/3 de leur capacité de rétention. Cette étape a pour but de favoriser l'optimum de l'activité microbienne. Les échantillons sont ensuite mis en incubation dans un bocal en verre (d'une capacité de 1litre) hermétiquement fermé, contenant un flacon de 10ml de soude (0.1N) et un flacon d'eau distillée (10ml) pour stabiliser l'humidité relative du milieu ; ce qui est indispensable à l'activité biologique du sol. Un essai blanc (par répétition) composé uniquement de soude et d'eau distillée est adjoint aux échantillons pour tenir compte de la carbonisation initiale de la

soude dans le bocal. Les échantillons sont maintenus à des températures de 31°C ($\pm 1^\circ$). Le CO₂ dégagé est alors piégé par la soude sous forme de bicarbonate de sodium (Na₂CO₃) et dosé par titrimétrie. Le Na₂CO₃ formé est précipité par une solution de chlorure de baryum (BaCl₂ à 3%).



Expression des résultats

La quantité (Q) de CO₂ dégagé et donc du carbone minéralisé est donnée par la formule proposée par Dommergues (1960) :

$$Q \text{ (mg/100g de sol)} = (V_{\text{blanc}} - V_{\text{échant.}}) \times 12/2 \times N$$

N = normalité de l'acide

Les résultats sont exprimés en mg C-CO₂/100g de sol.

4.2.2.2. Minéralisation de l'azote

L'azote minéral est constitué par les ions NO₃⁻ et NH₄⁺ qui sont des formes d'azote directement assimilables par les plantes. Sa détermination permet d'avoir une idée de la fertilité azotée des horizons prélevés. L'extraction de cette forme est faite par du KCl 1N, avec un rapport sol/solution égale à 1/5. Le tout est mis en agitation (1 heure), puis centrifugé et filtré. Le filtrat est ensuite passé à l'analyseur automatique pour analyse des ions NO₃⁻ et NH₄⁺. Les tests de minéralisation sont faits avant et après le test respirométrique.

4.2.3. Essais en vase de végétation

L'objectif est d'observer la réaction d'une plante en fonction des différents types de sol et traitements. Deux plantes ont été testées : une plante cultivée le cotonnier (*Gossypium hirsutum*) et une légumineuse le *Crotalaria ochroleuca*. Le bio test consiste à semer les deux plantes dans des pots. La hauteur des plants et les biomasses aériennes et racinaires sont mesurées. Trois indicateurs microbiologiques ont été mesurés : le nombre de spores des

champignons mycorhiziens, le taux d'infection des racines par les vésicules de champignon, le nombre des nodules sur les racines de *Crotalaria ochroleuca*.

4.2.3.1. Méthode

Pour l'essai en vase de végétation, les traitements correspondent aux différentes pratiques culturales des différents essais du plateau et du bas glacis. Chaque traitement comporte dix (10) répétitions. Pour chaque répétition, les graines sont semées dans des pots contenant 165g de sol. La même densité de semis est observée dans chaque pot (3 graines). Le nombre de levée par pot a été compté entre le septième et le dixième jour après le semis. Le démariage des plants a été effectué le quatorzième jour après semis pour ne conserver qu'un seul plant par pot.

Les arrosages compensent les pertes d'eau par évapotranspiration. Pour cela une estimation de la capacité au champ a été effectuée distinctement pour les sols sableux et pour les sols argileux. Pour chaque type de sol, des pots perforés contenant chacun 165g de sol ont été disposés et on y déverse de petites quantités croissantes d'eau (respectivement 10ml, 15ml, 20ml...). La capacité au champ est estimée entre le premier pot d'où l'eau coule et le pot précédent. De là, on estime les quantités journalières d'eau à apporter aux plantes afin de maintenir une humidité du sol autour de 75% de la capacité au champ.

La hauteur des plants a été mesurée à partir du 15^{ème} jour, puis le 25^{ème}, le 35^{ème}, le 50^{ème} et le 78^{ème} jour. Une coupe unique est effectuée à la fin de l'essai, au bout de 50 jours après le semis pour le cotonnier et 78 jours après semis pour le *Crotalaria ochroleuca*. La partie aérienne a été emballée dans du papier aluminium puis séchée à l'étuve à 60°C pendant au moins une semaine. La biomasse aérienne a été estimée par pesée, avec une moyenne sur dix répétitions.

De même à la coupe, après dépotage, les racines sont isolées et séchées l'étuve à 60°C. La biomasse racinaire est obtenue par pesée des échantillons.

4.2.3.2. Dosage de l'azote total et du phosphore total dans les parties aériennes

La méthode utilisée pour le dosage de l'azote total et du phosphore total sur les végétaux est la même que celle utilisée pour les analyses de sols.

4.2.3.3 Détermination du nombre de spores de champignons endomycorhiziens

Le nombre de spores a été déterminé sur 5 répétitions par échantillon. Les spores sont extraites par la méthode de Gerdemann et Nicholson (1963). Pour chaque répétition, on prend 100 g de sol qu'on verse dans un erlen de 750 ml, on ajoute de l'eau et après agitation, le tout est tamisé sur une série de deux tamis (100 et 50 μm), à l'aide d'un faible jet d'eau. Les spores sont recueillies et observées sous une loupe binoculaire (grossissement : x 40).

4.2.3.4. Détermination du taux de mycorhization au niveau des racines

La technique de coloration utilisée est la méthode de Phillips et Hayman (1970) modifiée par Berch (1979).

Les racines sont abondamment lavées à l'eau, coupées grossièrement (pas plus de 4 cm) et un échantillon est prélevé. Ces fragments échantillonnés sont placés dans une solution de KOH (10%) à 90°C pendant un certain temps (20-30 minutes) qui dépend de la pigmentation des racines. Cette étape permet de vider les cellules de leur contenu cytoplasmique. Les racines sont alors rincées plusieurs fois à l'eau, avant de neutraliser le restant de KOH par quelques gouttes d'acide lactique (5%). Elles sont ensuite lavées à l'eau et égouttées. Puis elles sont plongées dans une solution colorante de Fuchsine et le tout est placé à l'étuve pendant 15 minutes, à 90°C. Au bout des 15 minutes, l'excès de colorant est éliminé par rinçage à l'eau. Les racines colorées sont observées à la loupe et conservées dans une solution de lacto-glycerol. Les vésicules de champignon localisées à l'intérieur des racines apparaissent colorées en rouge. L'observation des vésicules a été faite à la loupe binoculaire et le nombre de vésicules est compté sur des portions de 0,5 cm de racines, en 10 répétitions.

4.2.3.5. Comptage des nodules

Le nombre de nodules est directement compté sur la racine. La moyenne est ensuite obtenue sur les dix répétitions. _____

4.3. Traitement des données

Les données ont été traitées avec le logiciel SAS. Le test de Newman-Keuls a été utilisé pour la comparaison des moyennes au seuil de probabilité de 5%.

Deuxième Partie :

Résultats et Discussions

Chapitre V : Impact des jachères sur la fertilité chimique du sol

5.1. Le carbone total, l'azote total et le rapport C/N du sol

5.1.1. Teneurs en carbone total du sol en fonction des traitements

Sur l'ensemble des quatre essais (figure 2), l'analyse de variance a montré des différences très significatives entre les traitements ($p < 0,0001$).

Les plus fortes teneurs en carbone total du sol sont observées au niveau de l'essai S (7,3 mg/g en moyenne), tandis que les plus faibles teneurs sont observées dans l'essai K (3,3mg/g en moyenne). Quelque soit l'essai, les traitements jachères courtes sont toujours significativement supérieurs au champ permanent.

Les teneurs au niveau de la jachère à *Andropogon gayanus* (JAg) sont légèrement supérieures à celles de la jachère naturelle (JN) sur les essais K et S, et inférieures sur les essais G et Z (valeurs en annexe).

Les résultats sur le "duiré" varient en fonction des essais : les teneurs en carbone total sont supérieures à ceux de JAg et JN sur les essais G et Z et inférieurs sur K et S.

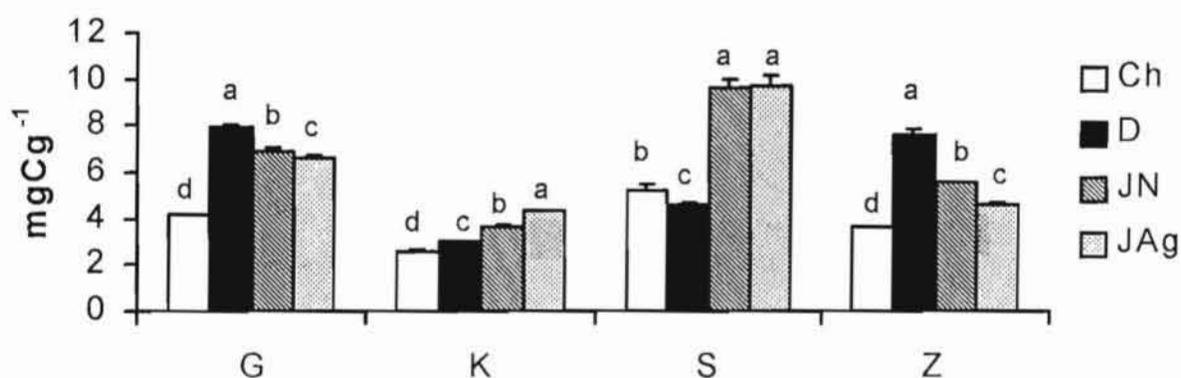


Figure 2 : Teneurs en carbone total du sol

JN : jachère naturelle

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

Ch : champ permanent

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

5.1.2. Teneurs en azote total du sol

Les résultats sur l'azote total du sol sont illustrés au niveau de la figure 3. Sur l'essai K, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative entre les traitements. Sur les essais G et S, les jachères courtes sont significativement supérieures au champ permanent. Au niveau de l'essai Z, la jachère naturelle JN est supérieure à la jachère à *Andropogon gayanus* JAg et au champ permanent Ch.

L'azote total dans le "duiré" est supérieur à celui des jachères courtes sur G et Z et inférieur sur S (annexe).

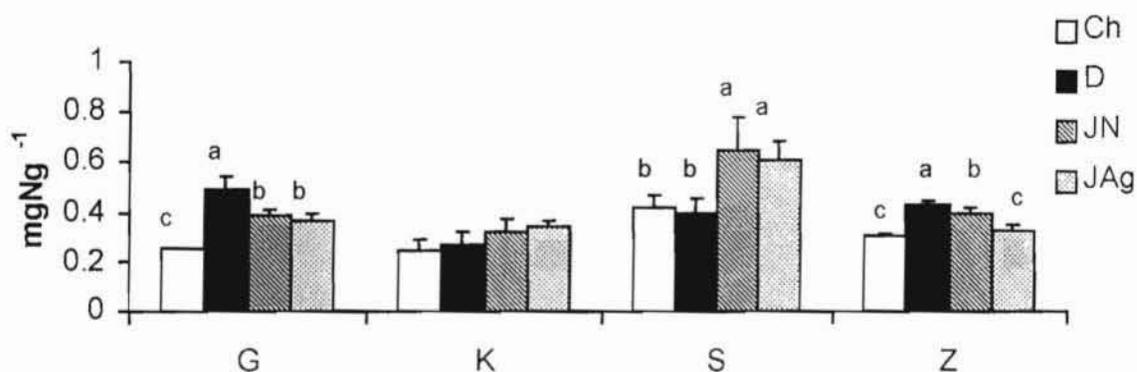


Figure 3 : Teneurs en azote total du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

5.1.3. Le rapport C/N

Les valeurs du rapport C/N (figure 4) sont dans l'ensemble plus élevées au niveau de l'essai G et plus faibles dans l'essai K. L'analyse de variance n'a révélé des différences significatives entre les traitements que sur l'essai Z. Dans cet essai, le rapport C/N des jachères courtes est significativement supérieur à celui du champ permanent.

Dans l'essai Z, le traitement "duiré" a le rapport le plus élevé de tous les traitements.

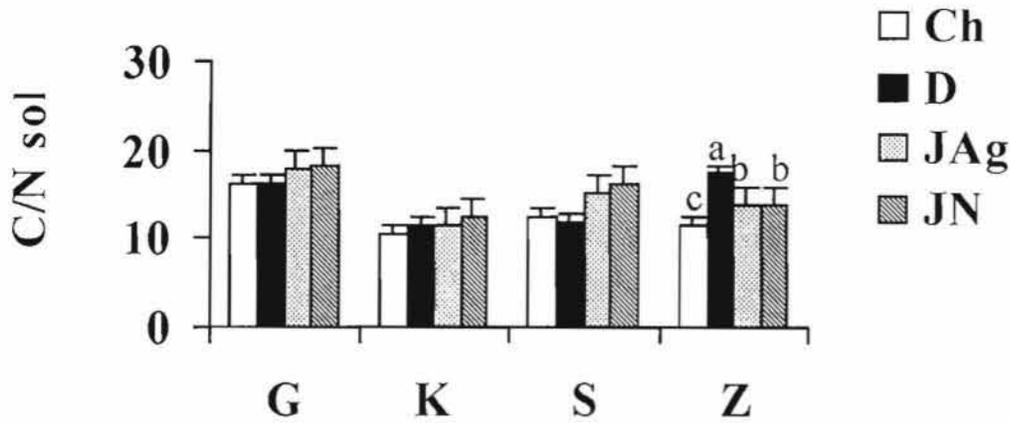


Figure 4 : Rapport C/N du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

5.2. Le phosphore total, le phosphore assimilable et le potassium total du sol

5.2.1. Teneurs en phosphore total du sol

L'analyse de variance n'a pas révélé des différences significatives entre les traitements au niveau des essais G et K (figure 5). Les teneurs sont plus élevées dans les essais G et Z (annexe 2).

Sur Z, le traitement JAg est significativement inférieur aux autres traitements.

Sur l'essai S, le "duiré" a la plus faible valeur significative.

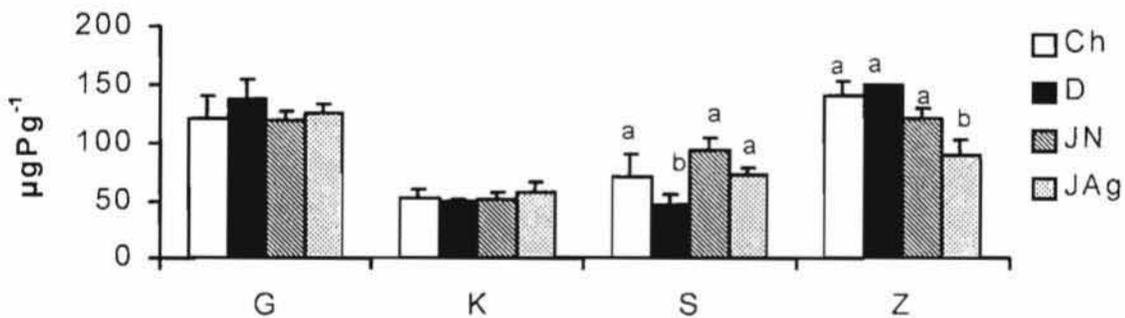


Figure 5 : Teneurs en phosphore total du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

5.2.2. Teneurs en phosphore assimilable du sol

Dans tous les essais (figure 6), l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative entre les traitements et les teneurs en phosphore assimilable sont faibles dans l'ensemble (< 5 ppm). Les valeurs sont consignées en annexe 2.

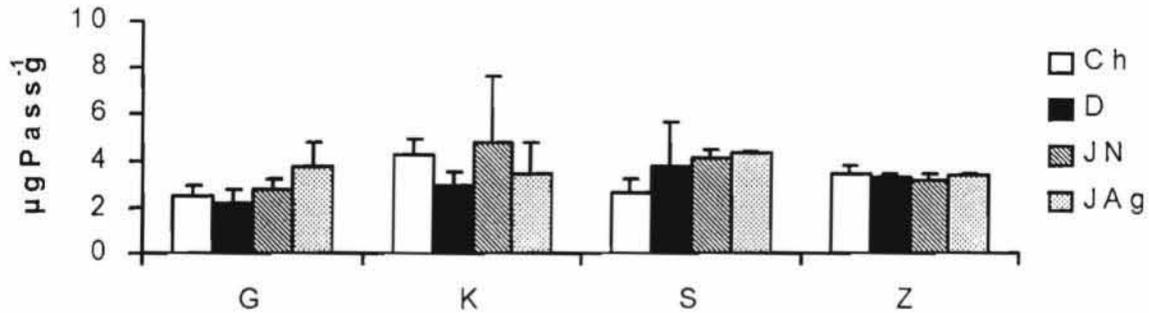


Figure 6 : Teneurs en phosphore assimilable du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

5.2.3. Teneurs en potassium total du sol

Au niveau de l'essai K, il n'y a pas de différence significative entre les traitements, et les teneurs y sont très faibles (figure 7). La moyenne des teneurs par essai est la suivante : Z (714 ppm) > G (669 ppm) > S (449 ppm) > K (94 ppm).

Les différences sont significatives sur les essais S, Z et G. La jachère naturelle est supérieure à la jachère à *Andropogon gayanus* et au champ permanent sur ces trois essais. Le traitement JAg est inférieur aux autres traitements sur G et Z (annexe 2).

Le "duiré" a la plus faible valeur sur S.

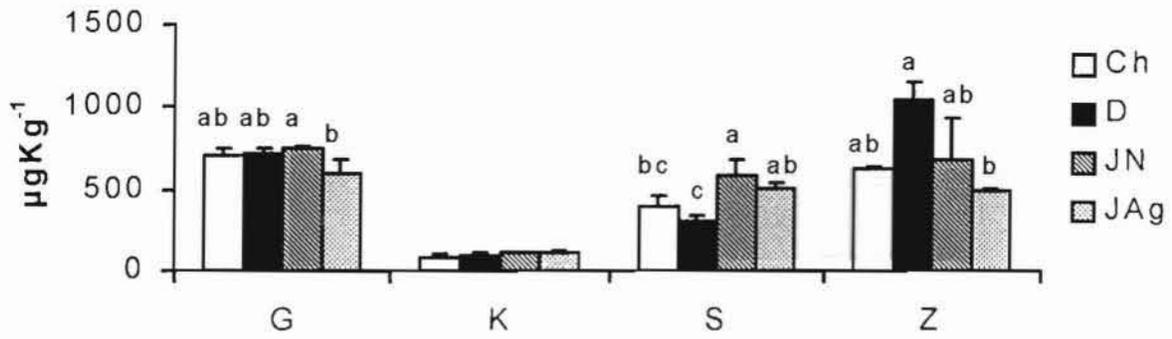


Figure 7 : Teneurs en potassium total du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

5.3. pH_{H_2O} et pH_{KCl} du sol

Les valeurs du pH_{H_2O} sont dans l'ensemble inférieures ou égales à 5,8 (figure 8) et celles du pH_{KCl} sont inférieures ou égales à 5,6 (figure 9).

L'analyse de variance n'a pu être effectuée sur les valeurs du pH car les mesures ont porté sur une seule répétition.

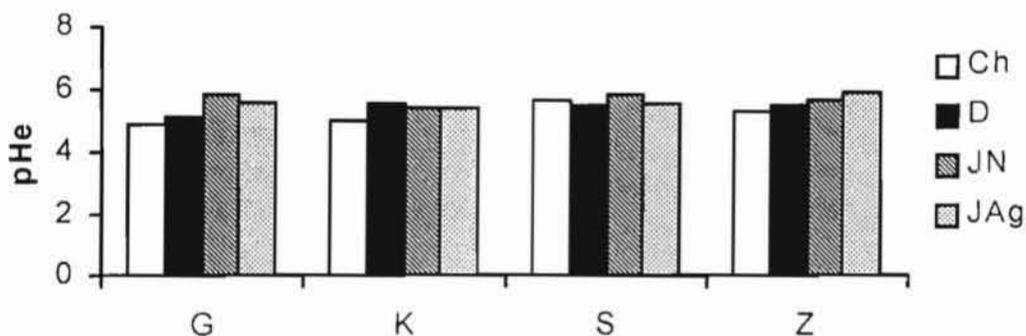


Figure 8 : Valeurs du pH_{H_2O} du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

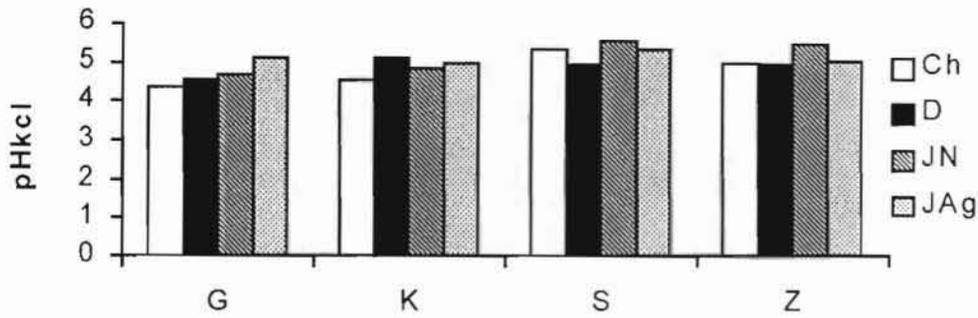


Figure 9 : Valeurs du pH_{KCl} du sol

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

5.4 Discussion

Les teneurs en éléments organiques et minéraux sont très faibles sur l'essai K. Cela peut être lié à la texture sableuse de cet essai (moyenne de 8% d'argile + limon fin contre une moyenne supérieure à 20% pour les autres essais). En effet, les sols sableux ne forment pas de structure stable, ils présentent des teneurs en matière organique faibles et ont une capacité de stockage des éléments minéraux très faible (Bertrand et Gigou, 2000).

Les résultats montrent une tendance générale vers un gain en carbone et en azote total sous traitement jachères courtes comparativement au champ permanent.

Le champ permanent a donc entraîné une diminution du taux de carbone et d'azote du sol. Des résultats similaires sont obtenus par Bilgo (1999), Hien et *al.*, (1999), Tassambedo (2001). La baisse des teneurs en réserves organiques dans les sols cultivés est attribuée à une réduction des restitutions organiques limitées essentiellement à la biomasse racinaire (Bacyé, 1993).

Cette supériorité des jachères courtes par rapport au champ permanent et au "duiré" est attribuée à leur végétation. Somé et *al.*, (2000) ont mis en évidence, l'importance des espèces herbacées dans la constitution des stocks organiques. Pour ces auteurs, comparées aux ligneux, les espèces herbacées, par leurs racines, sont très actives dans le sol : il leur est donc plus facile, par décomposition de leurs racines d'approvisionner le stock organique du sol. De même, le rapport C/N, est en général plus élevé dans les jachères courtes, cela peut être

attribué à la présence de matière organique mal décomposée. Particulièrement, la présence d'*Andropogon gayanus* augmente le stock de débris végétaux dans les dix premiers centimètres du sol ; cela est attesté par Masse et *al.*, (2000). Cependant beaucoup d'auteurs admettent que le rapport C/N n'est pas toujours suffisant pour caractériser l'effet des restitutions organiques. Selon Nacro et *al.* (1996), il est un mauvais indicateur de fertilité des sols. Le rapport C/N est plutôt un indicateur de la qualité de la matière organique.

La matière organique comprend donc toutes les substances d'origine végétale ou animale présentes dans le sol (Pieri, 1989). Dans les systèmes de culture traditionnels, c'est majoritairement la minéralisation de la matière organique qui assure la nutrition des plantes. L'azote du sol est à 95% sous forme organique. La matière organique fournit au moins 50% du phosphore assimilable et constitue aussi une petite réserve pour les autres éléments nutritifs. On peut donc lier les faibles teneurs en phosphore assimilable (< 5ppm) du sol des différents essais à la faiblesse des teneurs en matière organique du sol. L'absence de différence significative pour cet élément, entre les traitements jachères courtes et champ permanent, est due au fait que le champ reçoit probablement des engrais phosphatés utilisés par les exploitants (Bilgo, 1999).

Le traitement champ permanent n'a pas eu d'impact particulièrement négatif sur le phosphore total et le potassium total mais on note une tendance du traitement jachère à *Andropogon gayanus* à baisser les teneurs en potassium total du sol par rapport au traitement jachère naturelle.

La comparaison des traitements "duiré" et jachères courtes ne peut être étroite parce que le traitement "duiré" ne répond pas toujours aux mêmes conditions édaphiques que les trois autres traitements. Cependant, l'accroissement relatif des teneurs en carbone, azote, phosphore et potassium du sol observé sous traitement "duiré" (essais G, Z) par rapport aux traitements jachères courtes est souvent attribué aux racines profondes des ligneux qui remontent en surface les éléments minéraux libérés dans les couches profondes du sous-sol. Manlay (com.pers.) cité par Masse et *al.*, (1999) trouvait une augmentation des teneurs en carbone total de 80% au niveau des jachères anciennes par rapport aux jachères jeunes.

En effet, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'influence de la jachère longue sur la reconstitution du compartiment organique, comparativement à la jachère courte. Des auteurs comme Nye et Greenland (1990) cités par Somé (1996), affirment que pour ce qui est du stockage de la matière organique, la jachère courte est, comparée à la jachère longue, une méthode faible de reconstitution de la fertilité des sols.

Dans les essais K et S où les teneurs en réserves organiques et éléments minéraux des jachères courtes sont supérieurs à celles de la jachère longue, outre l'échantillonnage, ce gain sous traitements jachères courtes par rapport à la jachère ligneuse peut être attribué à divers processus. Ainsi, des résultats similaires ont été obtenus par Tassambedo (2001) où, comparativement à une teneur en carbone de 4,3 mg/g sous une jachère ligneuse de quarante ans, les teneurs étaient plus élevées sous couverture *Andropogon gayanus* et *Andropogon ascinodis* de trois ans (respectivement 5,2 mg/g et 5,6 mg/g). Cette variation des teneurs a été expliquée par un possible déstockage des teneurs en carbone des sols après la trentième année de jachère.

Les valeurs du $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ et pH_{KCl} du sol ne sont pas élevées. Ces sols, avec un pH eau inférieur ou égal à 5,8 sont classés moyennement à fortement acides (Fitts, 1989).

Chapitre VI : Impact des jachères sur la fertilité biologique du sol

6.1. Minéralisation du carbone et de l'azote

6.1.1. Impact des traitements sur la minéralisation du carbone

6.1.1.1. Dégagement journalier du carbone

Les courbes de dégagement journalier se caractérisent toutes par un pic de dégagement dès le premier jour. L'analyse de variance sur les quantités de CO₂ dégagé le premier jour a révélé des différences très significatives entre les traitements (tableau 2). Les courbes de dégagement journalier illustrées sur la figure 10 sont caractérisées par trois phases dont un pic de dégagement suivi d'une phase de décroissance puis d'une tendance à la linéarisation.

Le traitement champ permanent a le pic le plus faible dans tous les essais. Les pics de dégagement de la jachère à *Andropogon gayanus* sont significativement supérieurs à ceux de la jachère naturelle sur les essais du plateau tandis que sur le bas glacis c'est l'inverse. Sur les essais G et Z, le "duiré" présente des pics de CO₂ supérieurs aux jachères courtes, et inférieurs à ces mêmes traitements sur K et S.

Tableau 2 : Quantités de CO₂ (mg/100g de sol) dégagé le premier jour d'incubation

Traitements	Sites			
	Plateau		Bas glacis	
	G	K	S	Z
JN	3.3 ^b	3.4 ^b	6.9 ^a	4.9 ^b
JAg	4.7 ^a	4.1 ^a	6.2 ^b	4.3 ^c
Ch	1.4 ^c	1.4 ^d	2.9 ^c	2.1 ^d
D	4.9 ^a	2.5 ^c	3.2 ^d	6.36 ^a

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque colonne, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents.

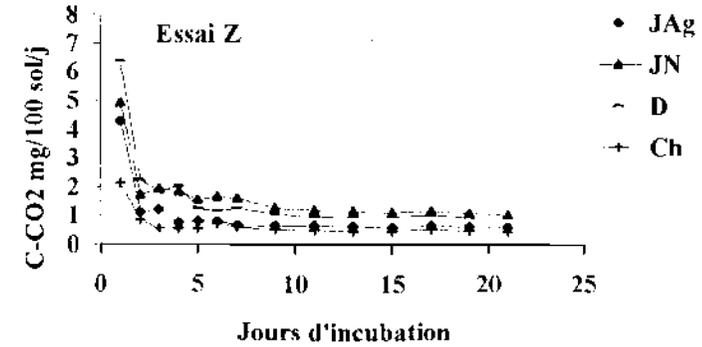
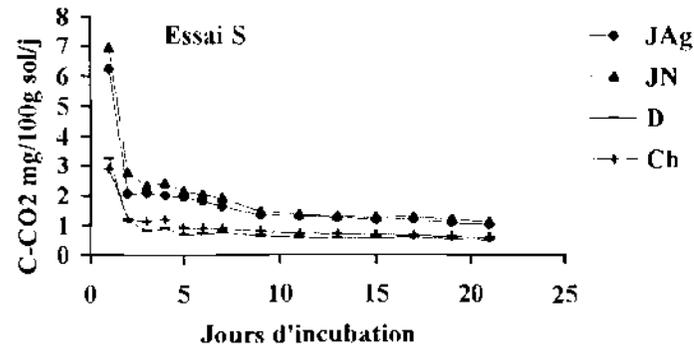
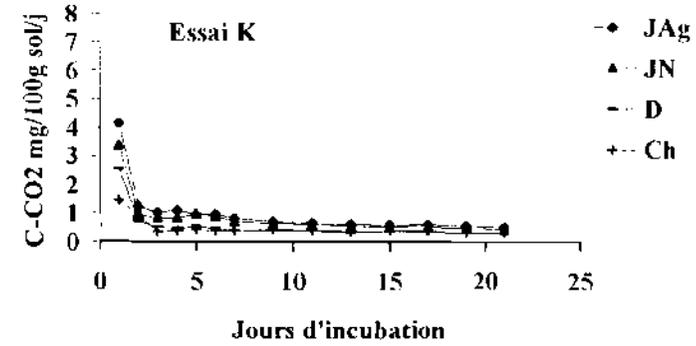
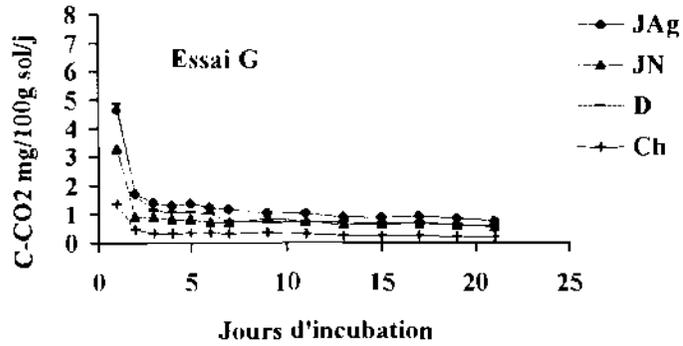


Figure 10 : Courbes d'évolution journalière du dégagement du carbone sous forme de CO₂

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

6.1.1.2. Dégagement cumulé du carbone

Les dégagements cumulés de CO₂ au bout de 21 jours d'incubation (figure 11) montrent pour les essais G, K et S des quantités cumulées au niveau champ permanent qui sont significativement inférieures à celles des traitements jachères courtes. Les quantités cumulées de CO₂ dégagé sont plus intenses sur les essais du bas glacis. Sur l'ensemble des quatre essais, la moyenne des dégagements suit la hiérarchisation suivante : S (27 mg C-CO₂/100g de sol) > Z (23 mg C-CO₂/100g de sol) > G (18 mg C-CO₂/100g de sol) > K (13 mg C-CO₂/100g de sol). Les valeurs sont détaillées en annexe 3

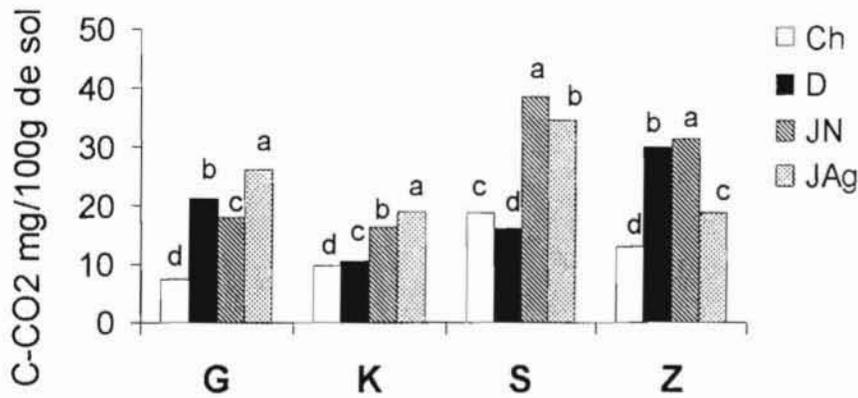


Figure 11 : Quantité de CO₂ cumulé au bout de 21 jours d'incubation

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

6.1.2. Impact des traitements sur la minéralisation de l'azote

Les quantités d'azote minéral présent dans le sol avant l'incubation (figure 12) montrent des quantités plus élevées sur les sols du bas glacis que sur ceux du plateau. Sur l'essai S, l'analyse de variance n'a pas révélé de différences significatives entre les traitements. Sur les essais G et K, le traitement jachère à *Andropogon gayanus* a les plus faibles valeurs significatives de tous les traitements. Pour l'essai Z, les traitements jachères courtes et champ permanent ne sont pas significativement différents pour l'azote minéral avant incubation.

Pour ce qui est des quantités d'azote minéralisé au bout de 21 jours d'incubation (figure 13), les quantités sont également plus élevées sur les sols du bas glacis que sur ceux du plateau. L'analyse de variance n'a révélé des différences significatives entre les traitements

que sur l'essai S où l'azote minéralisé dans les traitements jachères courtes durant l'incubation est supérieur à celui du champ permanent. Les valeurs sont consignées en annexe 3.

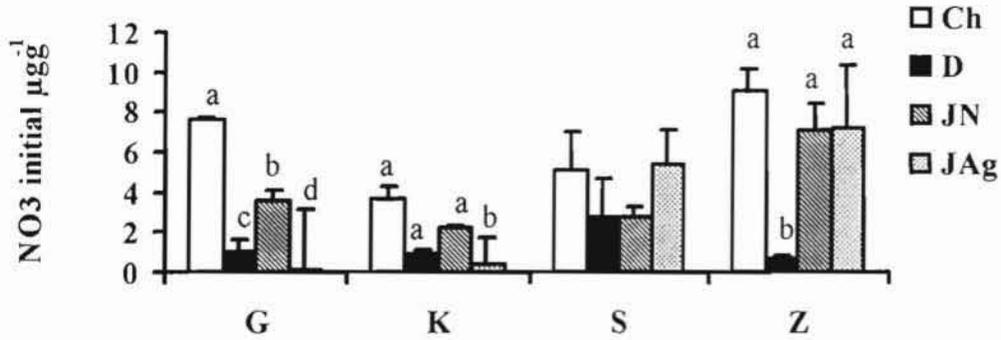


Figure 12 : Quantité d'azote minéral présent dans le sol avant incubation

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

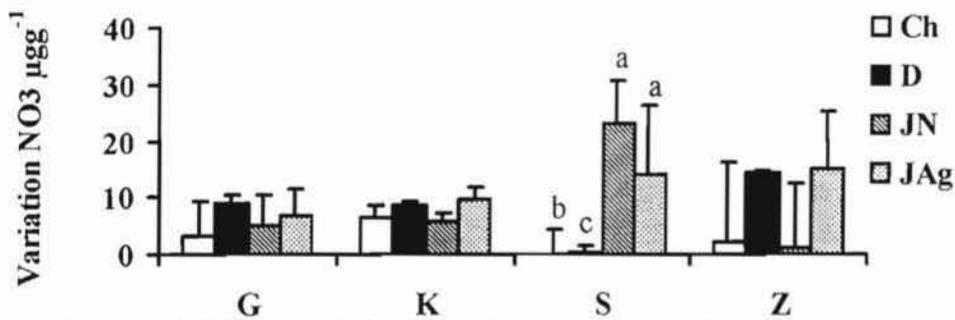


Figure 13 : Quantité d'azote minéralisé au bout de 21 jours d'incubation

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

6.2. Discussion

Les processus de transformation de la matière organique dans le sol : biodégradation, minéralisation, sont sous la dépendance de nombreux facteurs, notamment ceux de l'activité biologique des micro organismes.

Les trois phases notées sur les graphes du dégagement journalier (pic, décroissance, linéarisation) correspond à la minéralisation de composés organiques bien précis. Ces phases sont également observées par Sedogo (1981), Hien (1990), Bilgo (1999), Zangré (2000) Tassambedo (2001).

La première phase représentée par un pic dès les premiers jours présente les quantités de CO₂ dégagé les plus importantes. Elle correspond à la reprise de l'activité biologique et à la dégradation des produits facilement biodégradables. Ces substrats seraient essentiellement des micro organismes morts pendant la phase de dessiccation et des composés carbonés tels que les sucres et les protéines.

La phase de décroissance rapide correspondant à l'épuisement progressif des composés facilement biodégradables, suivie d'une légère reprise correspondant à la dégradation des produits néoformés (Dommergues, 1968).

La phase de linéarisation correspondant à une minéralisation lente intervenant après le dixième jour d'incubation. Cette phase correspond à la dégradation des composés plus résistants tels que la lignine.

Ainsi donc, la décomposition des produits labiles se matérialise par un pic dont l'importance peut permettre d'établir des comparaisons entre les traitements (Akroume, 1985). Le champ permanent a donc présenté l'activité respiratoire la plus faible par rapport aux traitements jachères courtes à la fin de l'incubation. Cet impact faible sur la minéralisation est également révélé sur l'essai S pour les quantités d'azote minéralisé au bout de 21 jours d'incubation. On peut donc conclure que le champ permanent a un impact faible sur l'activité microbiologique du sol.

L'intensité de l'activité biologique dans les jachères courtes pourrait être expliquée par les quantités plus élevées de matière organique au sein de ces jachères (chapitre précédent) qui stimulent l'activité des microorganismes. Les mêmes observations sont faites par Bilgo (1999) et Tassambedo (2001). En effet, la matière organique est utilisée comme source d'énergie par les micro organismes hétérotrophes ; elle est au bout du compte minéralisée. A cela on peut ajouter l'abondance des micro organismes dans les jachères courtes. En effet, les analyses de Bilgo (*com. pers.*) dans les essais K et Z ont révélé des quantités de biomasse

microbienne ($\mu\text{g/g}$ de sol sec) relativement faibles dans le champ permanent : 16,8 contre 44,6 dans les jachères courtes sur l'essai K et 64,8 dans le champ permanent contre 87,8, dans les jachères courtes sur l'essai Z.

Par ailleurs, les travaux de Somé et *al.*, (2000) ont montré que la mise en place du peuplement d'herbacées pérennes et la disposition agrégative de celui-ci conduit à une hétérogénéité dans le fonctionnement biologique du sol. Aussi, les transferts d'éléments nutritifs de la partie aérienne vers les parties souterraines et la rhizodéposition stimulent l'activité biologique.

Chapitre VII : Test de comportement de plantes

7.1 Croissance des plantes testées

Les courbes de croissance des plantes présentent toutes une allure ascendante (figures 14 et 15), avec pour le cotonnier un pallier à partir du 35^{ème} jour jusqu'à la coupe. Par contre pour le *Crotalaria*, la croissance est plus lente au début et croit à partir du 35^{ème} jour jusqu'à la coupe (78^{ème} jour).

Les résultats sur les hauteurs des plantes ne révèlent pas de différences significatives entre les traitements sur les essais G et Z pour le cotonnier, et sur l'essai K pour le *Crotalaria ochroleuca*. La hauteur des plantes de *Crotalaria ochroleuca* du champ permanent est supérieure à celle des jachères courtes sur l'essai Z et inférieure sur l'essai S. Le traitement jachère à *Andropogon gayanus* est supérieur à la jachère naturelle et au champ permanent sur S et G respectivement pour le cotonnier et le *Crotalaria ochroleuca*. Sur l'essai K, le "duiré" est significativement supérieur aux autres traitements pour le cotonnier.

La vitesse de croissance des plants de cotonnier a été calculée entre chaque mesure soit les intervalles (en jour) : 0-15, 15-25, 25-35, 35-50. Les plus fortes vitesses ont été observées entre les jours 0-15 et 25-35. La vitesse de croissance diminue remarquablement à la dernière mesure.

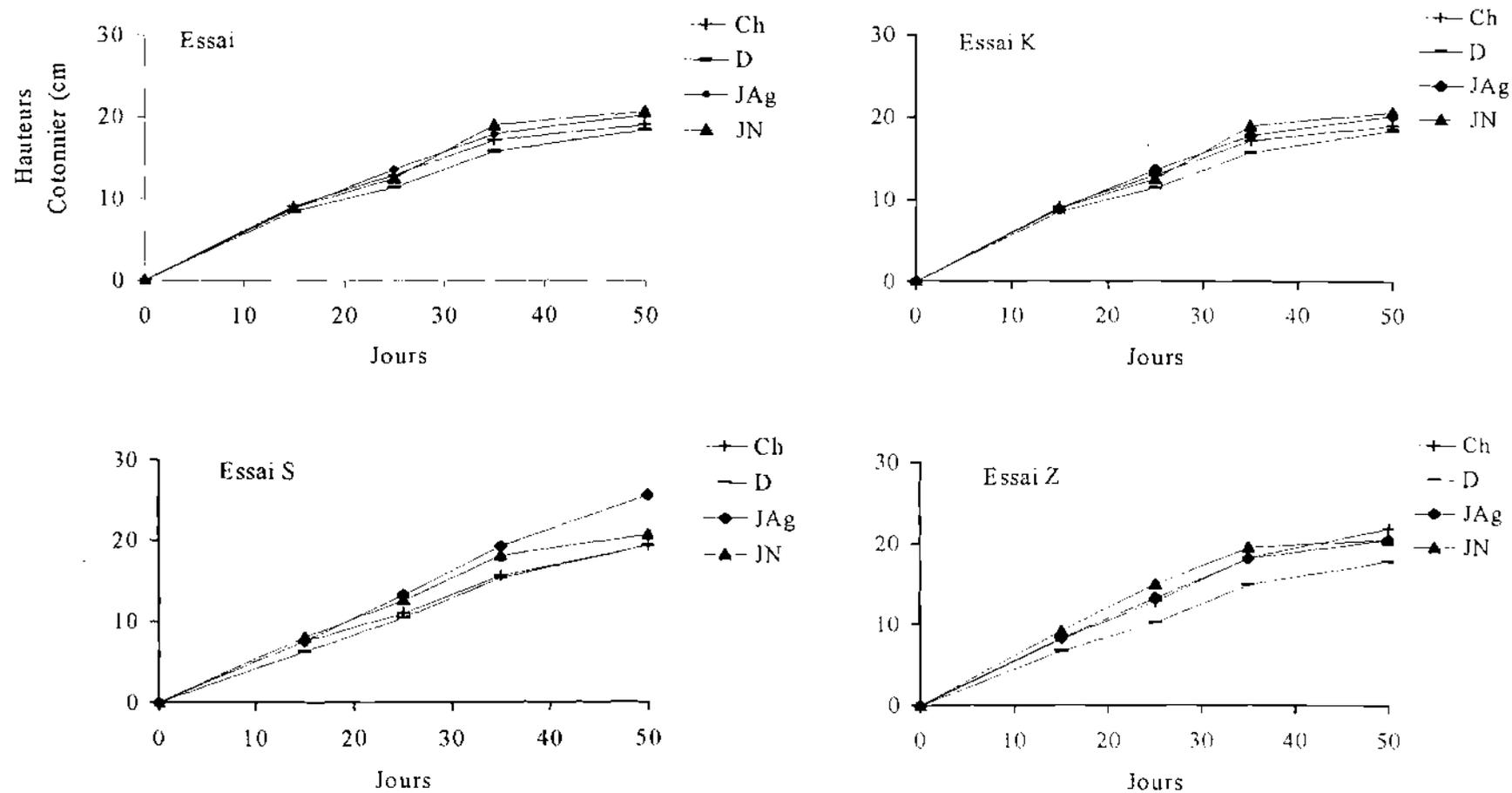


Figure 14 : Courbes des hauteurs des plants de Cotonnier des différents essais en fonction des traitements

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

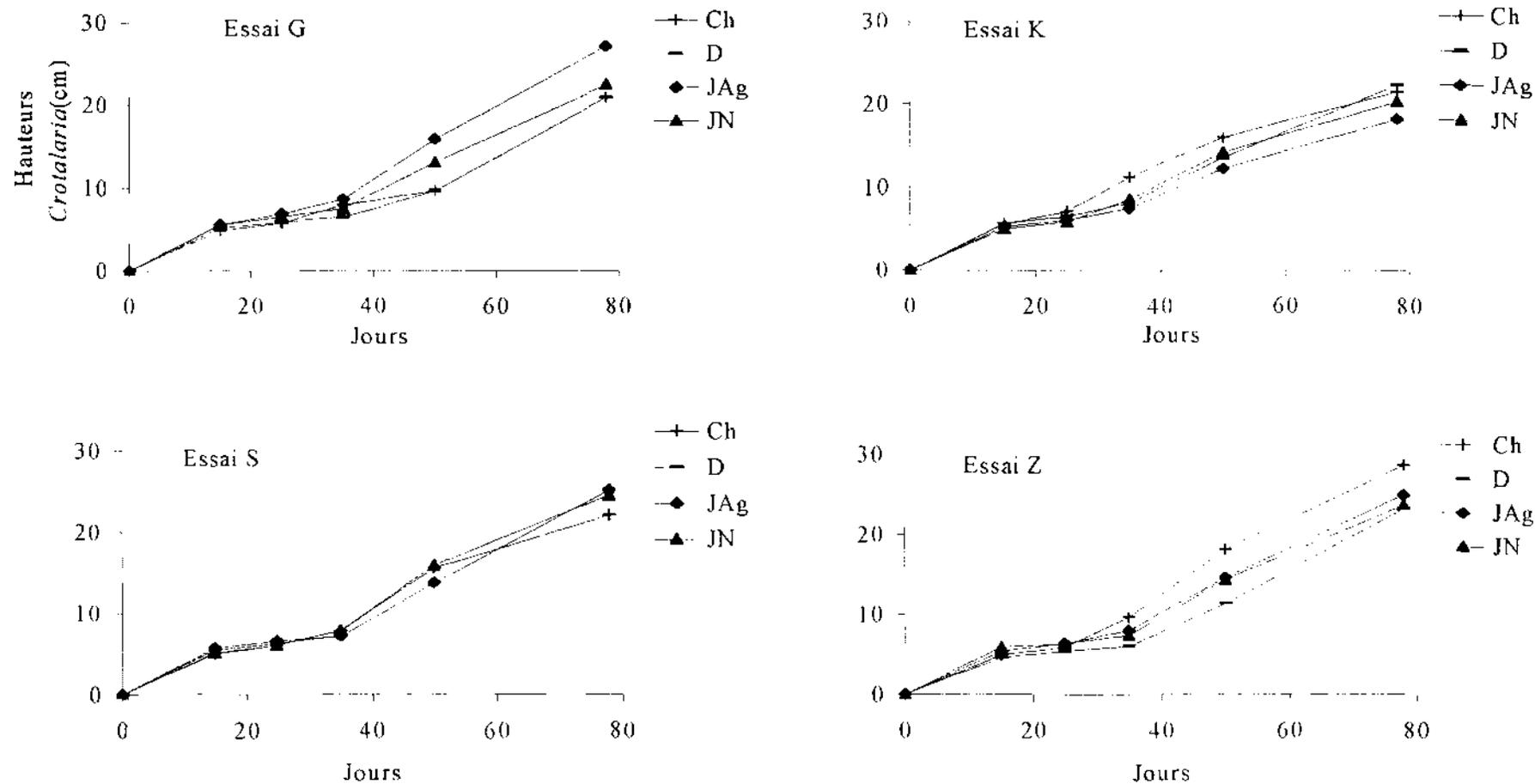


Figure 15 Courbes des hauteurs des plants de *Crotalaria ochroleuca* des différents essais en fonction des traitements
 JN : jachère naturelle Ch : champ permanent
 JAg : jachère à *Andropogon gayanus* D : jachère longue

7.2. Biomasse aérienne et racinaire des plantes testées

Les valeurs de la biomasse aérienne et racinaire du *Crotalaria ochroleuca* sont plus élevées sur les essais du bas glacis que sur ceux du plateau (figure 17 et 19). Tandis que pour la biomasse racinaire du cotonnier (figure 18), les valeurs sont plus élevées sur les essais du plateau. Par contre, les analyses sur la biomasse aérienne du cotonnier n'ont pas révélé de différence significative entre les traitements des essais du bas glacis (figure 16). Sur la biomasse racinaire du *Crotalaria*, seul l'essai K a révélé des différences significatives où la jachère à *Andropogon gayanus* est supérieure à la jachère naturelle et au champ permanent. Sur cet essai, le "duiré" est significativement élevé pour les biomasses aérienne et racinaire des deux plantes.

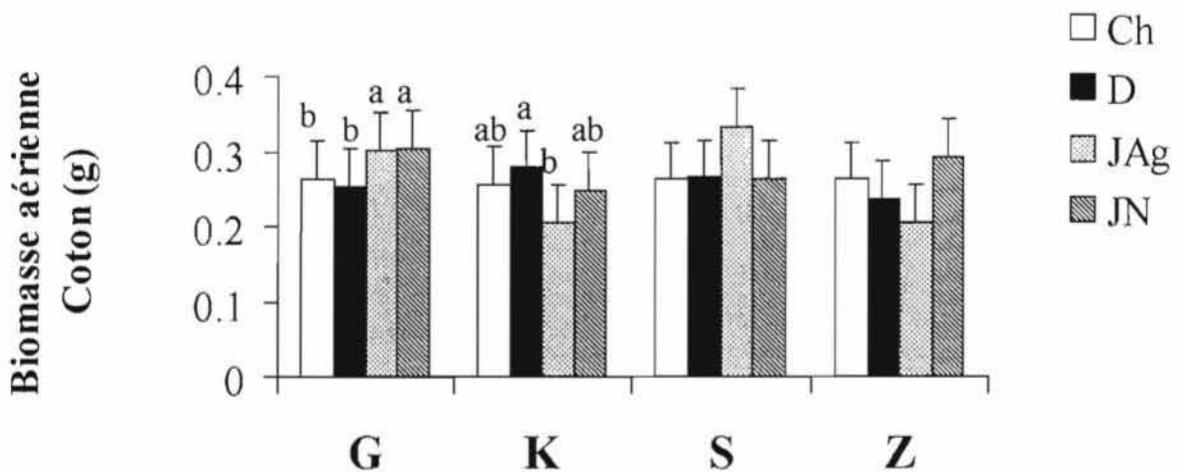


Figure 16 : Biomasse aérienne du cotonnier (g)

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

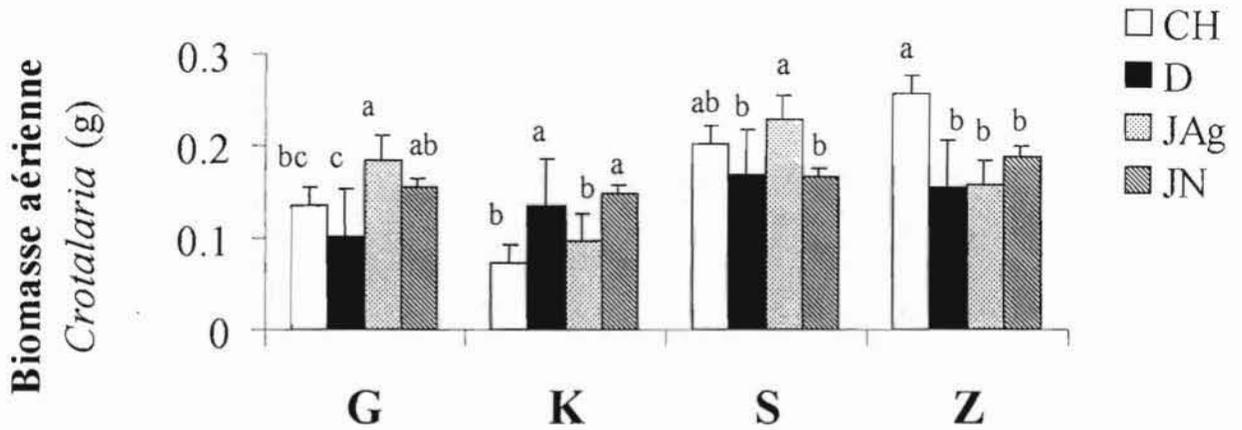


Figure 17 : Biomasse aérienne du *Crotalaria* (g)

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

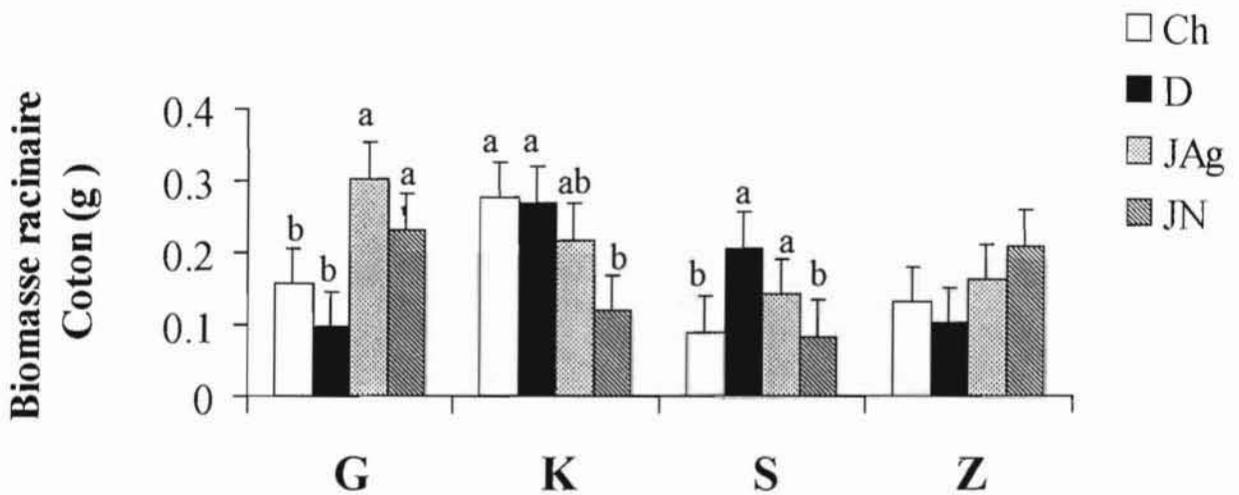


Figure 18 : Biomasse racinaire du cotonnier (g)

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

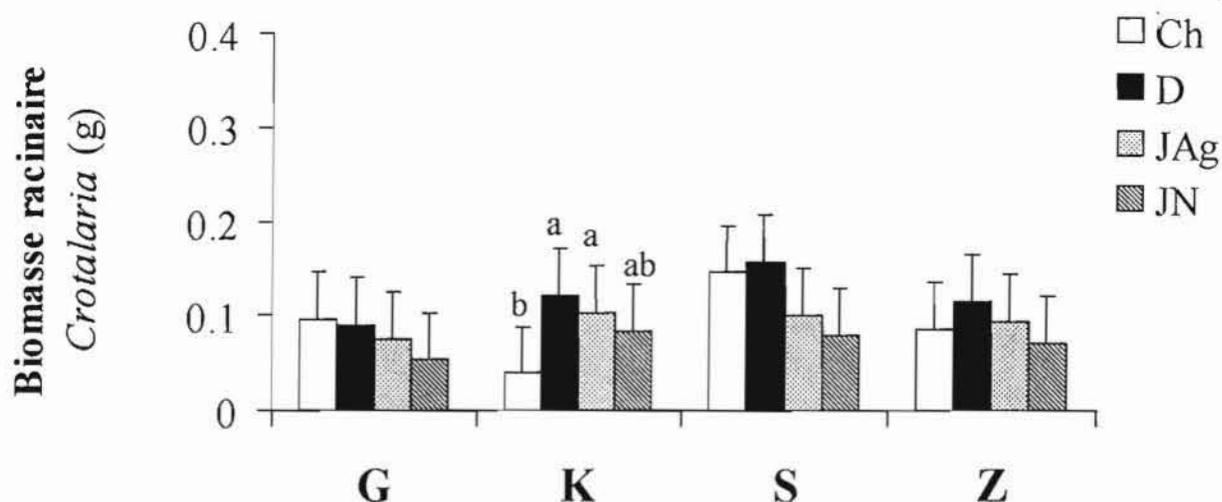


Figure 19 : Biomasse racinaire du *Crotalaria* (g)

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

7.3 Teneurs en azote et phosphore dans la biomasse aérienne du coton

Les analyses sur les teneurs des parties aériennes des plantes de cotonnier ont porté sur les essais et sur les traitements. Pour l'azote, les teneurs sont plus élevées sur les essais du bas glacis tandis que pour le phosphore, il n'y a pas de différence significative.

Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les traitements sur tous les essais, pour l'azote dans les parties aériennes des plants de cotonnier (figure 20). Pour le phosphore, au niveau de la figure 21, on note qu'il n'y a pas de différence entre les traitements sur les essais G et Z. Sur K. La jachère à *Andropogon gayanus* est inférieure au traitement jachère naturelle, tandis que sur l'essai S, les trois traitements ne diffèrent pas significativement. Sur les essais K et S, le "duiré" est inférieur à tous les traitements.

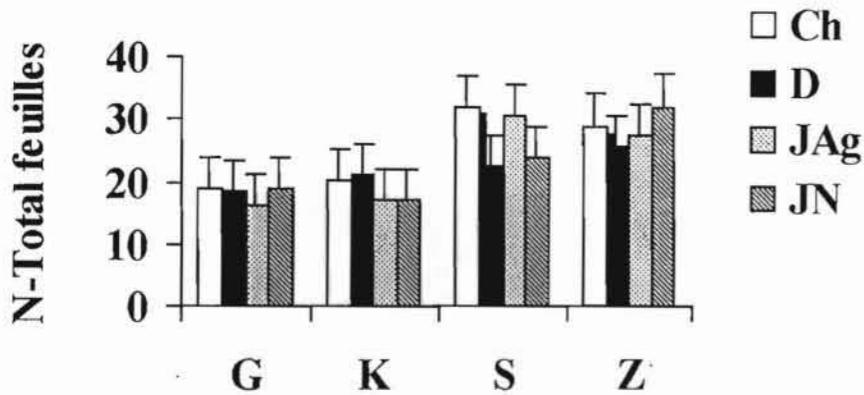


Figure 20 : Teneurs en azote total dans les parties aériennes du cotonnier

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents.

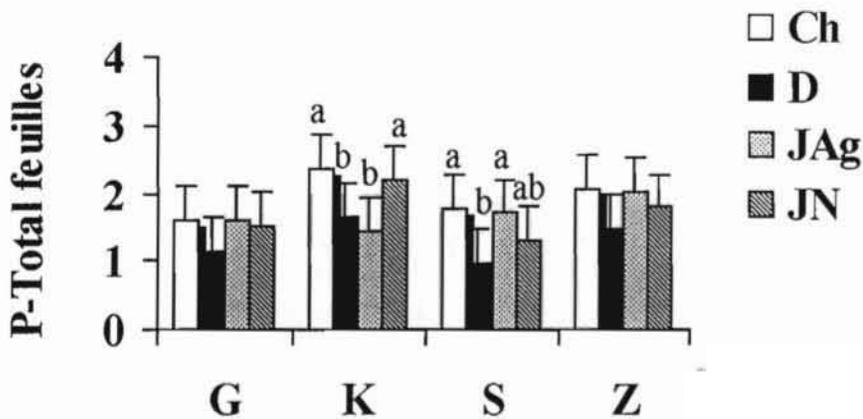


Figure 21: Teneur en Phosphore total dans les parties aériennes du Cotonnier

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents.

7.3 Activité mychorizogène

Les analyses de variance n'ont pas révélé de différences significatives entre les traitements sur le nombre de spores pour le *Crotalaria ochroleuca* (figure 23), au niveau des essais du plateau. Pour cette plante, sur les essais du bas glacis, les jachères courtes ne diffèrent pas du

champ pour cette plante. Pour le cotonnier (figure 22), le champ est supérieur aux jachères courtes sur G et Z et inférieur sur K. Sur les essais du bas glacis (S et Z), JN est supérieur à JAg

Le traitement "duiré" est supérieur à tous les traitements sur G pour le cotonnier, sur S et Z pour le *Crotalaria ochroleuca*.

Pour les deux plantes, le nombre de vésicules sur les racines est plus élevé sur le plateau (figures 24 et 25). Seul l'essai S présente des différences significatives pour le cotonnier avec une supériorité de la jachère à *Andropogon gayanus* sur les autres traitements. Pour le *Crotalaria ochroleuca*, le champ est supérieur sur le bas glacis et inférieur sur l'essai G la jachère à *Andropogon gayanus* est supérieur significativement sur G, tandis que sur K c'est la jachère naturelle qui domine.

Des différences n'ont pas été révélées sur les essais G et Z pour le nombre de nodules (figures 26). Sur l'essai K, le champ est inférieur à tous les autres traitements, mais ne diffère pas des jachères courtes sur l'essai S.

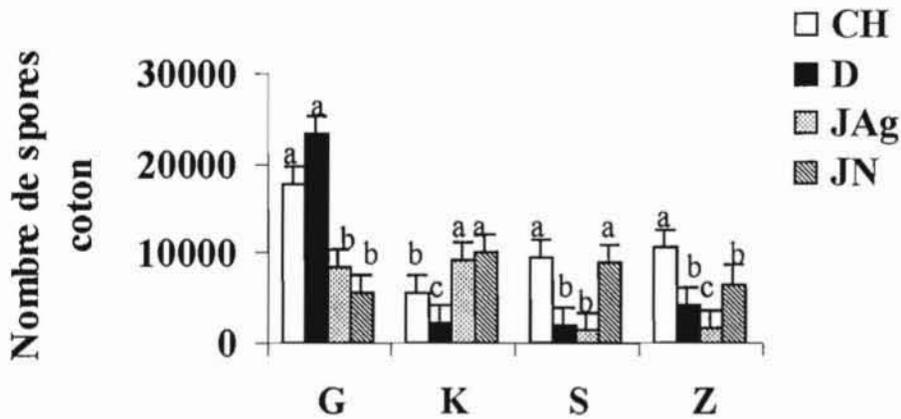


Figure 22 : Nombre de spores de Champignon dans 100 g de sol (Cotonnier)

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

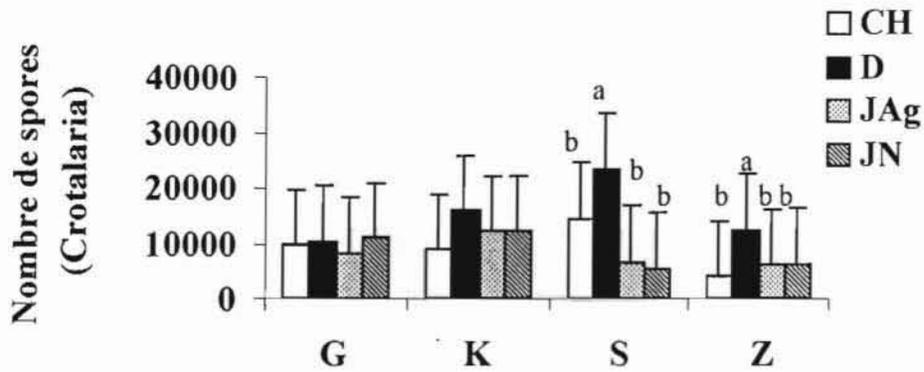


Figure 23 : Nombre de spores de Champignon dans 100 g de sol (*Crotalaria*)

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

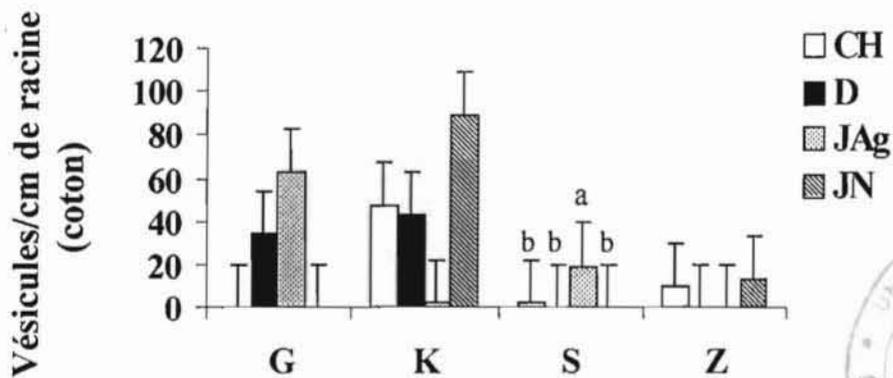


Figure 24 : Nombre de vésicules /cm de racine de Cotonnier

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents



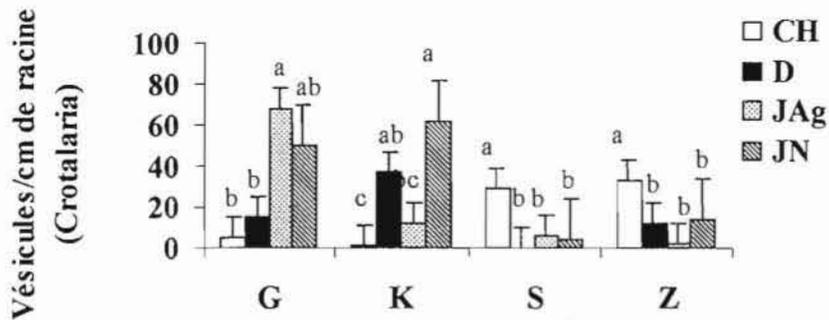


Figure 25: Nombre de vésicules /cm de racine de *Crotalaria ochroleuca*

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

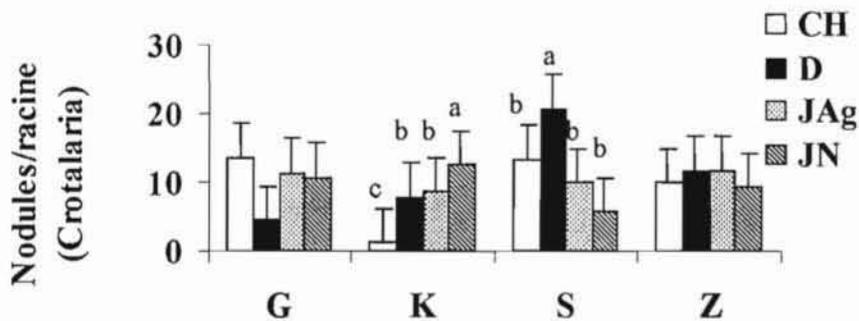


Figure 26 : Nombre de nodules par racine de *Crotalaria ochroleuca*

JN : jachère naturelle

Ch : champ permanent

JAg : jachère à *Andropogon gayanus*

D : jachère longue

Au niveau de chaque essai, les traitements portant la même lettre ne sont pas significativement différents

7.4 Discussion

Les résultats sur les hauteurs des plantes de cotonnier n'ont révélé des différences que sur l'essai S. Cependant sur tous les essais, on note un pallier à partir du 35^{ème} jour. Les

données sur la croissance de ces plantes montrent une vitesse de croissance maximum entre les jours 0-15 et 25-35. Ainsi, le 35^{ème} jour, les sols dans lesquels les plantes avaient une croissance rapide, ces plantes avaient atteint leur maximum de croissance. Tandis que dans les sols où la croissance était lente, les plantes continuaient à croître entre les jours 35 et 50. A la coupe, les plantes présentent des hauteurs qui ne sont pas significativement différentes car n'ayant pas été coupées à tant. C'est également le cas pour la biomasse aérienne. Par ailleurs on remarque que la biomasse racinaire des plantes sur les essais du plateau est supérieure à celle des essais du bas glacis. Cela peut être lié à la texture des sols. En effet, les sols plus argileux du bas glacis sont plus disposés à un excès d'eau qui limite la croissance des racines dans les pots.

Toutefois, les quantités d'azote contenu dans les parties aériennes des plantes de cotonnier sont plus importantes sur les sols du bas glacis; cela peut être dû à des quantités plus élevées de matière organique dans ces sols et à une minéralisation plus importante. Les analyses ont montré une corrélation (qui reste cependant faible : $R^2 = 0,3888$) entre les quantités d'azote exporté et l'azote minéral dans le sol ; notamment pour la jachère naturelle de l'essai Z, le champ et la jachère à *Andropogon* de l'essai S. Ce qui devrait avoir pour conséquence une meilleure croissance des plantes. Car, dès que l'azote présent dans le sol est absorbé par une plante, il y'a en règle générale accroissement de production végétale (Pieri, 1989). Mais nos résultats ne nous ont pas montré de différences au niveau des teneurs en azote des feuilles afin de pouvoir faire le lien avec les biomasses.

Les résultats sur l'infection des racines par les champignons montrent que dans les sols du plateau, le nombre de vésicules est plus élevé que sur le bas glacis. De plus la supériorité du champ sur les essais S et Z montre que plus le sol est riche, moins il y'a d'infection. On devrait donc en plus de la biomasse aérienne plus élevée (jachère naturelle de l'essai K), avoir des quantités élevées d'azote dans les parties aériennes. Mais des analyses chimiques n'ont pas été effectuées sur les parties aériennes du *Crotalaria* pour confirmer cela. En revanche, le nombre de spores est élevé dans le duré des essais G pour le cotonnier et S pour le *Crotalaria*, cela est lié au fait que les jachères longues entraînaient une diminution de la présence de la symbiose mycorhizienne (Thompson, 1994 cité par Chotte et al, 2001).

Conclusion générale

Les résultats ont confirmé l'effet favorable des jachères courtes améliorées et non améliorées sur le stock organique du sol. La diminution des réserves organiques au niveau du champ permanent se traduit aussi bien par une baisse des teneurs en carbone qu'en azote total du sol. La principale cause de cette diminution est la faiblesse des restitutions organiques par le système de culture.

Les résultats sur le phosphore assimilable n'ont pas montré de différences significatives entre les traitements. Le champ permanent n'a pas eu d'impact négatif sur le phosphore total et le potassium total du sol par rapport aux jachères courtes.

Pour ce qui est de la biologie du sol, le pouvoir minéralisateur du sol est fortement influencé par les différentes pratiques culturales ; les analyses de variance ont révélé des différences très significatives entre les traitements ($p < 0.0001$). Cette diminution s'est traduite par une intensité plus faible des pics de dégagements au niveau du traitement champ permanent par rapport aux autres traitements. De même, les quantités cumulées de CO₂ au bout de 21 jours d'incubation sont significativement faibles dans ce traitement. Il en est de même pour les quantités d'azote minéralisé. Ainsi donc, les jachères courtes améliorent l'activité biologique du sol par rapport au champ permanent. L'activité est encore plus élevée dans les sols du bas glacis où la jachère naturelle prédomine.

Les résultats sur la croissance des plants ont montré des hauteurs plus élevées dans les sols pourvus de plus d'éléments nutritifs. Et c'est le plus souvent dans les traitements jachères courtes que l'impact a été le plus perçu ; notamment pour les hauteurs au niveau du *Crotalaria*, la biomasse aérienne, le nombre de vésicules et le nombre de nodules. Ces variables ont donc permis de confirmer les teneurs en éléments nutritifs plus élevées dans la jachère courte naturelle et la jachère courte à *Andropogon gayanus*.

Cette étude nous a donc permis de confirmer l'importance des jachères courtes dans la restauration de la fertilité des sols dégradés par de longues années de culture, et de constater que ces qualités de restauration de la fertilité peuvent être accrues par des processus microbiologiques. D'où la nécessité de pouvoir optimiser les qualités restauratrices de la jachère naturelle courte d'une part par introduction de graminées pérennes du genre *Andropogon*, notamment *Andropogon gayanus*. D'autre part, il est utile de mettre l'accent sur le paramètre microbiologique des sols, vu que ce volet intègre des processus, dont entre autres la mycorhization, qui interviennent dans l'alimentation minérale des plantes. Par

ailleurs, étant donné que la jachère longue ne peut plus être pratiquée et que les jachères courtes ne contribuent pas à augmenter significativement les teneurs en éléments minéraux du sol, les variables microbiologiques doivent être "maîtrisées" pour une production agricole durable. A cet effet, vu les limites de notre essai en vase de végétation, des études en serre plus approfondies sur des plantes à croissance rapide, de préférence sur des légumineuses, doivent être poursuivies. Le *Crotalaria ochroleuca* peut être une plante indiquée à cet effet.

Au vue de nos résultats, nous suggérons pour la région de Bondoukuy, certaines réalisations dans le cadre du maintien de la fertilité des sols et le développement socio-économique de la région :

- le maintien de la jachère courte naturelle dans les systèmes de culture actuels, étant donné qu'elle permet surtout une reconstitution des statuts organique et biologique comparativement à la culture continue.
- l'utilisation d'*Andropogon gayanus* à d'autres fins (vente de la paille, construction de toits), vue que l'introduction de cette herbacée dans les jachères n'améliore pas très significativement l'état de fertilité du sol par rapport à la jachère courte naturelle.
- l'introduction de légumineuses fixatrices d'azote dans les jachères courtes, notamment *Crotalaria ochroleuca* et son éventuelle utilisation comme engrais vert dans les champs.

BIBLIOGRAPHIE

- AKROUME C., 1985 : Localisation et caractérisation de la matière organique des sols. Définition d'un modèle d'évolution. thèse de docteur ingénieur. INAP-G. 170p.
- BACYE B., 1993 : Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano- sahélienne, province du Yatenga, Burkina Faso. ORSTOM, Montpellier (FRA). 243p.
- BERTRAND R. et GIGOU J., 2000 : La fertilité des sols tropicaux. Editions Maisonneuve et Larose. 397 p.
- BILGO A., 1999 : Les différentes modes de gestion des jachères courtes et leurs impact sur le sol : Cas de la région de Bondoukui (Burkina Faso). Mémoire D.E.A. FAST. Université de Ouagadougou. 74 p.
- BILGO A., HIEN V., OUATTARA B. et SERPANTIE G., 1999 : Impact des modes de gestion des jachères courtes sur la teneur en matière organique du sol, Bondoukuy (Burkina Faso). In la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Actes du Séminaire international Dakar, 13-16 avril 1999. pp 1-10
- BOLI Z. et ROOSE E., 2000 : Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. In la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Volume 1. Actes du séminaire international Dakar, 13-16 Avril 1999. IRD. pp 149-154.
- CHOTTE (J.L.), N'DOUR (Y.B.), FARDOUX (J); 1999 : Statut organique et micro biologique de sols ferrugineux tropicaux en jachère naturelle (Sénégal). In la jachère en Afrique tropicale ; *Rôles, Aménagement, Alternatives*. pp 354-368.
- CHOTTE J.L, DUPONNOIS R. CADET P, ADIKO A, VILLENAVE C., AGBOBA C. et BRAUMAN A., 2001 : Jachère et biologie du sol en Afrique tropicale. In la jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. pp 85-122
- DEVINEAU J. L., FOURNIER A, KALOGA B, 1997: Les sols et végétation de la région de Bondoukui (Ouest burkinabé). Présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT). ORSTOM. 117 p.

DJIMADOUM M., 1999 : Recherche des facteurs favorables à l'installation de *l'Andropogon gayanus* dans les jachères en savane soudanienne : cas de la région de Bondoukuy. DEA. FAST Ouaga (Burkina Faso). 67p.

DOMMERGUES Y., 1968 : Dégagement tellurique de CO₂. Mesure et signification. Annales de l'institut Pasteur, 115 : pp 627-656.

DOMMERGUES Y. et MANGENOT F , 1970 : Ecologie microbienne du sol. Edition Masson et C^{ie}. 796 p.

DUPONNOIS R., BA A.M., PLENCHETTE C., THIOULOUSE J. et CADET P., 2000 : Effets de la jachère sur des populations de champignons mycorhiziens à arbuscules au Sénégal *In* la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Volumel. Actes du séminaire international Dakar, 13-16 Avril 1999. IRD. pp 325-332

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. Atelier international Montpellier, du 2 au 5 Décembre 1991. pp 15-32.

FITTS J. W., 1989 : Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops. Soil testing as a guide to productive crop yields. In : Plucknett D.L., Sprague H.B. (Eds.). Westview Press inc : 13-21.

FLORET Ch. et PONTANIER R., 2000 : Avant-propos *In* la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Volumel. Actes du séminaire international Dakar, 13-16 Avril 1999. IRD

FLORET Ch. et PONTANIER R., 2001: Préface *In* La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. IRD (ex ORSTOM).

GUINKO S., 1984 : végétation de la Haute Volta. Tomel, Doctorat d'Etat Es Sciences naturelles, Univ. Bordeaux III, 318p.

GUINKO S. et MILLOGO-RASOLODIMBY J., 1997 : Etude de l'histoire récente de la végétation. Application aux paysages de jachères de la région de Bondoukuy-bereba. Programme jachère : rapport semestriel Décembre 1996-Mai 1997. 33p.

HIEN V., 1990 : Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina faso. Thèse de docteur de l'INPL. 135p.

HIEN V., BILGO A., OUATTARA B., OUATTARA K., LOMPO T., SERPENTIE G., 1997 : Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effets de l'histoire culturale et du type de milieu. *In* Jachère et maintien de la fertilité, actes de l'atelier de Bamako. IER (Mali), ORSTOM, 1997. pp 17-32 .

HIEN V., SEDOGO M. et LOMPO F., 1993 : Etude des effets des jachères de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes de culture du Burkina Faso. Atelier international Montpellier, du 2 au 5 Décembre 1991. pp 221-232.

HOEFSLOOT H., VAN DER POL F., ROELEVELLED L., 1993 : Jachères améliorées. Options pour le développement de systèmes de production en Afrique dep. l'Ouest. Bulletin 333. Institut Royal des Tropiques. Amsterdam Kit développement agricole. 86 p.

JEAN S., 1993 : Jachères et stratégies foncières. Atelier international Montpellier, du 2 au 5 Décembre 1991. pp 47-54.

JOUVE P.M., 1993 : usages et fonctions de la jachère en Afrique. Atelier international Montpellier, du 2 au 5 Décembre 1991. pp 55-66.

KAMBIRE S. H, 1994 : Systèmes de culture paysans et productivité des sols ferrugineux lessivés du plateau central (Burkina Faso) : effet des restitutions organiques. Thèse de troisième cycle en sciences de l'environnement, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 188 p.

LAVIGNE DELVILLE P, 1996 : Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel. Diagnostic et conseils aux paysans. Collection LE POINT SUR. Coopération française. CTA, Wageningen. GRET. 397p.

LEYE K., 2001 : Mycorhization de plantes de jachères naturelle ou améliorée, incidence sur le biofonctionnement du sol. Mémoire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 50p.

LOMPO T, 1997 : Diagnostic des états structuraux des sols en fonction des systèmes de culture en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso (région de Bondoukuy). Mémoire IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. 98 p.

MASSE D., DA CONCEICAO K.S., DIATTA M., MADINA I., 2000 : Végétation des jachères de courte durée et rendement du mil après défriche au Sénégal *In* la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Volume1. Actes du séminaire internationalDakar, 13-16 Avril 1999. IRD. pp 127-134.

- NACRO H.B., BENEST D. et ABBADIE L., 1996 : Distribution of microbial activities and organic matter according to particle size in a humid savanna soil (Lamto, Côte d'Ivoire). *Soil Biol. Biochem.*, 28 : pp 1687-1697.
- PELTIER P., 1993 : Les jachères à composantes ligneuses. Caractérisation, conditions de productivité, gestion. Atelier international Montpellier, du 2 au 5 Décembre 1991. pp 67-88.
- PIERI C., 1989 : Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. Ministère de la coopération et du Développement. Centre de Coopération International en Recherche pour le Développement (CIRAD) 444 p.
- SAVADOGO V., 1998 : Contribution à l'analyse des effets "précédent" et "suivant" de différentes jachères de courtes durée en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Mémoire IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. 86 p.
- SEBILLOTTE M., 1989 : Fertilité et systèmes de production. INRA, Paris. 369p.
- SEBILLOTTE M., 1993 : La jachère : éléments pour une théorie. Atelier international Montpellier, du 2 au 5 Décembre 1991.
- SEDOGO M.P., 1981 : Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sols ferrugineux et sous climat semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures. Thèse docteur-ingénieur, sciences agronomiques, INPL. 195p.
- SOME N.A., HIEN V., ALEXANDRE D.-Y., 2000 : Dynamique comparée de la matière organique du sol dans les jachères soudanaises sous l'influence d'herbacées annuelles et pérennes. *In la jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives. Volume 1. Actes du séminaire international Dakar, 13-16 Avril 1999. IRD. pp 212-222.*
- SOME N. A., 1996 : Les systèmes écologiques post-culturaux de la zone soudanienne (Burkina Faso) : structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse Doct. Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI), 212 p + annexes.
- TASSAMBEDO M. A., 2001 : Amélioration de la fertilité des sols sous couverture à *Andropogon spp*: effets sur le raccourcissement de la jachère sur un sol ferrugineux tropical lessivé à Sobaka. Suivi de la structure spatio-temporelle des communautés végétales dans les jachères de courte durée. (Zone soudanienne du Burkina Faso). 83p.
- YOUNG A., 1995 : L'agroforesterie pour la conservation des sols. CTA, Wageningen. 194p

ZOMBRE P N. et KISSOU R., 1995 : Notice explicative de la carte morphopédologique du bas glaciaire de Bondoukuy. ORSTOM, IDR, Bobo-Dioulasso. 10p

Annexes

Annexe 1 : Valeurs du carbone et de l'azote total dans le sol

sols	essais	traitements	C (%)	N (mg-N/kg)
Plateau	(G)	J A	4.6	0.36
		D	7.96	0.49
		J N	6.91	0.38
		Ch	4.12	0.26
	(K)	J A	4.3	0.34
		D	2.95	0.27
		J N	3.62	0.32
		Ch	2.56	0.25
Bas glacis	(S)	J A	9.72	0.6
		D	4.58	0.39
		J N	9.61	0.64
		Ch	5.24	0.42
	(Z)	J A	4.59	0.32
		D	7.58	0.43
		J N	5.53	0.4
		Ch	3.57	0.31

Annexe 2 : Teneurs en éléments minéraux des sols

sols	essais	traitements	P (mg-P/kg)	P ass (mg-P/kg)	K (mg-K/kg)	pH eau	pH kcl
Plateau	(G)	J A	125.9	3.73	631.6	5.6	5.1
		D	138.3	2.23	712.8	5.1	4.5
		J N	119.5	2.78	751.7	5.8	4.7
		Ch	120.8	2.46	701.46	4.9	4.4
	(K)	J A	57.9	3.43	105.5	5.4	5
		D	50.1	2.93	91.4	5.5	5.1
		J N	51.3	4.79	105.6	5.4	4.9
		Ch	52.9	4.27	73.3	5	4.5
Bas glacis	(S)	J A	72.2	4.34	502.2	5.5	5.3
		D	46.3	4.08	310.5	5.5	5
		J N	94.6	4.13	586.7	5.8	5.6
		Ch	71.6	2.65	398.2	5.6	5.4
	(Z)	J A	89.2	3.36	496.6	5.9	5
		D	149.3	3.28	1051.7	5.5	4.9
		J N	120.5	3.18	683.3	5.7	5.5
		Ch	141.3	3.46	625.4	5.3	5

Annexe 3 : Carbone cumulé et azote minéralisé au bout de 21 jours d'incubation

sols	essais	traitements	CO ₂ (mg/100g sol)	NO ₃ ⁻ (mg/kg)	Variation NO ₃ ⁻ (mg/kg)	
Plateau	(G)	J A	25.94	0.075	6.95	
		D	21.35	1.04	9.18	
		J N	17.82	3.59	4.89	
		Ch	7.29	7.63	3.4	
	(K)	J A	18.92	0.35	9.86	
		D	10.57	0.91	8.47	
		J N	16.34	2.25	5.92	
		Ch	9.75	10.01	6.32	
	Bas glacis	(S)	J A	34.43	5.35	13.92
			D	12.84	2.71	-1.39
			J N	38.39	2.74	23
			Ch	18.57	5.03	0.07
(Z)		J A	18.73	7.22	15.3	
		D	29.95	0.68	13.94	
		J N	31.34	7.15	1.15	
		Ch	12.84	9.06	-1.98	