

BURKINA FASO

UNITE – PROGRES – JUSTICE

**MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRES, SUPERIEURS ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO – DIOULASSO
(U.P.B.)**

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
(C.N.R.S.T.)**

**INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R.)**

**INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A.)**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**

OPTION : AGRONOMIE

THEME :

**ETUDE DE L'INFLUENCE DU MODE DE GESTION DES BANDES
VEGETATIVES (*ANDROPOGON GAYANUS* KUNTH) SUR LE RENDEMENT
DU SORGHO ET LE BILAN HYDRIQUE DU SOL**

Directeur de Mémoire : Dr Dramane OUEDRAOGO

Maîtres de Stage : Dr Abdoulaye MANDO

: M. Robert B. ZOUGMORÉ

Juin 2002

KAMBIRE Lassogbèhilone

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| Avant propos..... | II |
| Liste des figures..... | III |
| Listes des tableaux..... | IV |
| Résumé..... | V |
| Abstract..... | VI |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE I: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE..... | 4 |
| 1.1 - FACTEURS DE DEGRADATION DES SOLS..... | 5 |
| 1.1.1 - <i>Pression anthropique</i> | 5 |
| 1.1.2 - <i>Pluviosité</i> | 6 |
| 1.1.3 - <i>Températures et vents</i> | 6 |
| 1.1.4 - <i>Fertilité des sols</i> | 7 |
| 1.2 - TECHNIQUES DE GESTION DES SOLS AU BURKINA FASO..... | 9 |
| 1.2.1 - <i>Techniques mécaniques</i> | 9 |
| 1.2.2 - <i>Techniques culturales</i> | 11 |
| 1.2.3 - <i>Techniques biologiques</i> | 16 |
| CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES..... | 22 |
| 2.1 – DESCRIPTION DES SITES D’ETUDE..... | 23 |
| 2.1.1 – <i>Site de Gampéla</i> | 23 |
| 2.1.2 – <i>Site de Réo</i> | 26 |
| 2.2 – DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX..... | 29 |
| 2.2.1 – <i>Dispositif expérimental à Gampéla</i> | 29 |
| 2.2.2 – <i>Dispositif expérimental à Réo</i> | 31 |
| 2.3 - PARAMETRES ET METHODES DE MESURE..... | 32 |
| 2.3.1 – <i>Site de Gampéla</i> | 32 |
| 2.3.2 – <i>Site de Réo</i> | 35 |
| 2.4 - TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES..... | 36 |
| CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS..... | 37 |
| 3.1 – STATION DE GAMPÉLA..... | 38 |
| 3.1.1 - <i>Pluviométrie</i> | 38 |
| 3.1.2 - <i>Croissance du sorgho</i> | 40 |
| 3.1.3 – <i>Influence de l’intensité de la coupe sur la productivité des bandes d’Andropogon gayanus Kunth</i> | 42 |
| 3.1.4 – <i>Impact des bandes d’Andropogon gayanus Kunth sur l’humidité du sol</i> | 46 |
| 3.1.5 – <i>Influence de la coupe des bandes d’Andropogon gayanus Kunth sur le ruissellement et l’infiltration</i> | 48 |
| 3.1.6 – <i>Radiation solaire</i> | 54 |
| 3.1.7 – <i>Influence de la coupe des bandes sur les propriétés chimiques du sol</i> | 57 |
| 3.1.8 - <i>Biomasse racinaire du sorgho</i> | 60 |
| 3.1.9 – <i>Impact de la coupe des bandes sur le rendement du sorgho</i> | 62 |
| 3.2 – MILIEU PAYSAN (REO)..... | 66 |
| 3.2.1 – <i>Influence du mode de gestion des bandes sur la croissance du sorgho</i> | 66 |
| 3.2.2 – <i>Humidité du sol</i> | 67 |
| 3.2.3 – <i>Impacts du mode de gestion des bandes sur le rendement du sorgho</i> | 72 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 74 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 77 |
| ANNEXES..... | 89 |

Avant propos

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

En particulier, je tiens à remercier M. Mando Abdoulaye et M. Zougmore Robert, mes maîtres de stage, qui malgré leurs multiples occupations m'ont apporté un suivi constant. Je leur témoigne ici ma profonde gratitude pour la disponibilité et les remarques bienveillantes avec lesquelles ils ont guidé mes travaux.

Mes remerciements s'adressent à M. Dramane Ouedraogo, mon directeur de mémoire pour ses conseils.

A tous ceux qui, à la station expérimentale de Gampéla, au CRREA- centre de Kamboinsé et de Saria, n'ont ménagé aucun effort pour assurer le bon déroulement du stage ; je leur exprime ma profonde gratitude.

A tous mes parents et frères qui m'ont soutenu durant toutes mes années d'étude. Je leur témoigne ma reconnaissance.

Enfin, à tous mes amis et à tous ceux qui ont œuvré à l'aboutissement de ce travail.

NOUS LEUR EN SOMMES RECONNAISSANTS

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Pluviosité de 1991 à 2001 de Gampéla..... | 23 |
| Figure 2 : Pluviosité décadaire de Gampéla année 2001..... | 39 |
| Figure 3 : Croissance du sorgho par traitement et par distance..... | 40 |
| Figure 4 : Croissance de <i>Andropogon gayanus</i> Kunth par traitement..... | 43 |
| Figure 5 : Tallage de <i>Andropogon gayanus</i> Kunth par traitement..... | 44 |
| Figure 6 : Humidité pondérale de Gampéla en fonction du temps..... | 47 |
| Figure 7 : Evolution du ruissellement cumulé en fonction des traitements..... | 51 |
| Figure 8a : Evolution de la radiation solaire en fonction de la distance de la bande du traitement TB0..... | 55 |
| Figure 8b : Evolution de la radiation solaire en fonction de la distance de la bande du traitement TB1..... | 55 |
| Figure 8c : Evolution de la radiation solaire en fonction de la distance de la bande du traitement TB2..... | 56 |
| Figure 9 : Croissance du sorgho par traitement et par distance..... | 66 |
| Figure 10a : Humidité du sol à la date du 28/08/2001..... | 69 |
| Figure 10b : Humidité du sol à la date du 11/09/2001..... | 70 |
| Figure 10c : Humidité du sol à la date du 25/09/2001..... | 71 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Production cumulée de biomasse d' <i>Andropogon gayanus</i> | 45 |
| Tableau 2 : Ruissellement en fonction de l'état d'humidité initiale du sol..... | 51 |
| Tableau 3 : Relation linéaire entre le ruissellement et les pluies..... | 52 |
| Tableau 4 : Relation entre la pluie et l'infiltration..... | 54 |
| Tableau 5 : Quantité de lumière reçue par distance et par jour | 57 |
| Tableau 6 : Caractérisation chimique du sol à Gampéla..... | 58 |
| Tableau 7 : Biomasse racinaire du sorgho en fonction de la distance des bandes..... | 62 |
| Tableau 8 : Rendement du sorgho par ligne de semis à Gampéla..... | 63 |
| Tableau 9 : Rendement grains des trois premières lignes par traitement..... | 64 |
| Tableau 10 : Rendement du sorgho à Réo..... | 72 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Production cumulée de biomasse d' <i>Andropogon gayanus</i> | 45 |
| Tableau 2 : Ruissellement en fonction de l'état d'humidité initiale du sol..... | 51 |
| Tableau 3 : Relation linéaire entre le ruissellement et les pluies..... | 52 |
| Tableau 4 : Relation entre la pluie et l'infiltration..... | 54 |
| Tableau 5 : Quantité de lumière reçue par distance et par jour | 57 |
| Tableau 6 : Caractérisation chimique du sol à Gampéla..... | 58 |
| Tableau 7 : Biomasse racinaire du sorgho en fonction de la distance des bandes..... | 62 |
| Tableau 8 : Rendement du sorgho par ligne de semis à Gampéla..... | 63 |
| Tableau 9 : Rendement grains des trois premières lignes par traitement..... | 64 |
| Tableau 10 : Rendement du sorgho à Réo..... | 72 |

Résumé

La dégradation des terres et l'irrégularité des pluies constituent les problèmes majeurs pour la production agro-pastorale au Sahel. Une mesure de contrôle possible est l'implantation selon les courbes de niveau des bandes anti-érosives d'*Andropogon gayanus* Kunth. Le présent mémoire présente donc les résultats de l'étude menée conjointement à la station expérimentale de Gampéla et en milieu paysan dans la province du Sanguié (Réo). Ces deux localités sont situées dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Le thème est intitulé : étude de l'influence du mode de gestion des bandes d'*Andropogon gayanus* sur le rendement du sorgho et les bilan hydrique dans le sol. Les résultats obtenus ont montré l'aptitude des bandes coupées ou non à absorber le ruissellement venant de l'amont des parcelles. Par contre, le mode de gestion induit une réduction de l'effet ombrage des bandes par rapport au témoin non exploité. L'impact de la coupe des bandes d'*Andropogon* sur la production du sorgho s'est traduit par une amélioration de la croissance des plantes du sorgho situées à proximité de ces bandes et par conséquent une augmentation des rendements. Dans les conditions soudano-sahéliennes, l'impact du mode de gestion des bandes anti-érosives sur le sol est d'une efficacité à permettre la récupération des terres dégradées et assurer une production diversifiée et durable.

Mots clés : Bandes d'*Andropogon gayanus* Kunth, ruissellement, bilan hydrique, bilan minéral, rendement du sorgho, mode de gestion, effet ombrage.

Abstract

*Lands degradation and the irregularity of rainfall constitute the major problems to agro-pastoral production in the Sahel. A possible solution to these problems is the use of *Andropogon gayanus* Kunth as barriers arranged on a slope in roughly parallel contour bunds to conserve soil and water. The objective of this study was to measure the effects of bunds, in terms of management system, on grain sorghum yield and water balance in the soil. Some of experiments were conducted on station at Gampela located 20 km from Ouagadougou and the others were in the farmer's fields in the Sanguié province (Reo). Both sites located in the soudano-sahelian zone of Burkina Faso. Results from the study showed a positive effect of both cut or no-cut bunds of *Andropogon gayanus* on the runoff allowing better water absorption in the plots. However, cutting the bunds reduced the effect of shading on crops more than when the bunds were not cut. Cutting the bunds regularly also resulted in higher yields due to the better growth of the crops close to the bunds. In the soudano-sahelian zone, the impact of *Andropogon gayanus* management system on soil may be efficient solution to degraded lands recovery and sustainable agriculture.*

*Key words: *Andropogon gayanus* Kunth bunds, Runoff, Water balance, , yields sorghum, cutting the bunds, shade effect.*

Introduction

Les pays des zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest connaissent un problème croissant de dégradation des sols, limitant ainsi le développement des productions agro-sylvo-pastorales (Pontanie, *et al.*, 1995). En effet, dans ces régions, les conditions climatiques très précaires, l'explosion démographique et l'état de pauvreté accrue des sols ne permettent plus le maintien de l'équilibre entre l'exploitation faite par l'homme des ressources naturelles et leur régénération dans l'espace et dans le temps (Van der Poel et Kaya, 1992). Ces conditions ont entraîné une disparition progressive de la végétation et une importante dégradation chimique et physique des terres cultivées (Pieri, 1989). Selon une évaluation de l'INERA (1994), environ 24% des terres arables du pays sont fortement dégradées.

L'exposition du sol à l'action directe des pluies, du fait de l'absence de la végétation ou de son développement trop réduit à certaines périodes, a pour conséquence le développement du ruissellement et de l'érosion (Moreau, 1993). L'érosion, principal facteur de dégradation des sols et le ruissellement excessif sont liés au défrichage des zones fragiles, à la dénudation et au tassement du sol par le surpâturage des parcours et à l'épuisement du sol par les cultures continues sans apport de matière organique et de nutriments (Roose, 1994). Cette dégradation du milieu a rompu l'équilibre de l'écosystème, engendrant depuis des années des pénuries alimentaires, des crises énergétiques, l'exode rurale et des conflits comme celui qui oppose les agriculteurs et les éleveurs.

En réaction à cette situation, de nombreuses initiatives gouvernementales et non gouvernementales visent à inciter les populations de la région à la lutte anti-érosive par le reboisement et l'amélioration des techniques culturales. Ainsi, de nombreuses études ont été faites sur les pratiques anti-érosives (Hien, 1995 ; Kaboré, 1994 ; Mando *et al.*, 2000 ; Mayus, 1999 ; Zougmore et Kambou, 1995 ; Zougmore *et al.*, 1999 ; Zougmore *et al.*, 2000). Les techniques de la Défense et Restauration des Sols-Conservation des Eaux et Sols (DRS-CES) préconisées par ces études ont évolué progressivement des actions mécaniques vers des démarches plus biologiques et la gestion des nutriments nécessaires pour optimiser la production des cultures.

Il faut cependant noter que, dans ces régions caractérisées par une population pauvre pour la plupart, toute technique de conservation des eaux et sols, pour être adoptée, doit être peu coûteuse et de préférence basée sur des ressources renouvelables (Mando, 1997). A ce titre,

l'agroforest rie en général et l'utilisation des bandes enherbées en particulier, appar it comme une option pour ces régions.

L'*Andropogon gayanus* Kunth connaît en effet un succès grandissant en Afrique de l'Ouest par ses qualités : production fourragère, amélioration des sols, lutte contre les adventices et l'érosion (Bowden, 1963 ; Boudet, 1975 ; Coulibaly *et al.*, 1991 ; Buldgen *et al.*, 1991 ; Dieng *et al.*, 1991 ; Buldgen et Dieng, 1997 ; Fournier *et al.*, 2000). Des travaux de Le Mire Pecheux (1995)   Bondoukuy ont également montré que les pailles sont utilisées pour la confection et la fabrication d'objets artisanaux. Dans le cadre de la conservation des eaux et des sols, les lignes d'*Andropogon gayanus* qu'on peut souvent observer comme limitation des champs au plateau central du Burkina Faso, servent elles-mêmes de structures anti-érosives (Kessler et Boni, 1991). Les bandes d'*Andropogon gayanus* ralentissent non seulement la vitesse des eaux de ruissellement, favorisant ainsi le dépôt des particules fines transportées à l'amont des parcelles, mais aussi elles augmentent la quantité d'eau de pluie infiltrée dans le sol (Mando *et al.*, 1999 ; Ngaye, 2000, Fournier *et al.*, 2000).

Cependant, l'application de cette technique à l'intérieur des champs connaît de nombreuses contraintes, limitant ainsi son extension en milieu paysan. En effet, *Andropogon gayanus* est considérée par les paysans comme une espèce envahissante, donc consommatrice d'espace ; ce qui diminue la superficie cultivable. Aussi, très peu de recherches ont été faites sur l'utilisation du mode de gestion des bandes à *Andropogon gayanus* pour la conservation des eaux et des sols dans la région. En particulier, les recherches mettant en évidence la compétition pour l'utilisation de la lumière, de l'eau et des éléments nutritifs entre la bande enherbée et les plantes situées à proximité immédiate de la bande, sont presque inexistantes. C'est dans ce cadre que se situe notre étude dont le thème est intitulé : **“ Etude de l'influence du mode de gestion des bandes végétatives (*Andropogon gayanus* Kunth) sur le rendement du sorgho et le bilan hydrique du sol ”**.

L'originalité de cette étude est qu'elle se présente comme un transfert vers les agropasteurs de méthodes locales ou traditionnelles dans le contexte actuel de dégradation des sols et de pauvreté. Le but principal est la recherche de solutions au problème d'érosion et de ruissellement par l'apport de méthodes que le paysan peut facilement intégrer dans son système de production.

Les objectifs spécifiques poursuivis à travers cette étude sont :

1) d'évaluer l'impact du mode de gestion des bandes d'*Andropogon gayanus* sur le ruissellement ;

2) d'étudier l'influence du mode de gestion des bandes enherbées sur les propriétés chimiques du sol ;

3) d'étudier l'effet du mode de gestion des bandes à *Andropogon gayanus* sur la croissance et la productivité du sorgho ;

4) d'évaluer l'influence de l'exploitation des bandes enherbées sur la production de *Andropogon gayanus*.

Le présent travail est articulé autour de trois chapitres. Le premier chapitre, la revue bibliographique est constituée de deux grands points : les facteurs de dégradation des sols et les techniques de gestion des sols au Burkina Faso. Le second chapitre constitue les matériels et méthodes de l'étude. Enfin, le troisième chapitre concerne les résultats et discussions. Nous terminerons ce présent mémoire par une conclusion dans laquelle nous ferons ressortir des recommandations.

Chapitre I

Revue bibliographique

1.1 - Facteurs de dégradation des sols

1.1.1 - Pression anthropique

L'accroissement de la pression démographique dans les zones arides entraîne des modifications profondes des modes de gestion et d'utilisation des ressources naturelles et de l'espace rural (Roose, 1994). Ces perturbations anthropiques (coupe abusive du bois, mauvaise gestion des parcours et la pratique des feux de brousse) induisent la raréfaction de la végétation, la dégradation des sols par l'érosion hydrique et éolienne et la détérioration du régime hydrique des sols. Selon (FAO, 1996), les populations dépendent largement de l'exploitation des ressources naturelles, du fait du manque d'alternatives, ce qui est étroitement lié aux mauvaises conditions économiques. La forte croissance démographique (3%/an) et l'accroissement du bétail après les années de sécheresse, font que la pression sur les ressources naturelles, notamment les ressources terre et bois, devient de plus en plus importante. L'introduction des cultures de rente (coton, arachide), puis de la traction animale, a permis l'extension des surfaces cultivées.

Afin de satisfaire des besoins de plus en plus importants en bois à des fins d'usage domestique (cuisine, chauffe) ou artisanal et industriel, les coupes d'arbres et d'arbustes et les ébranchages mutilants se font à un rythme trop élevé pour que se reconstituent les réserves. Cela entraîne en définitive la disparition progressive du couvert arboré qui laisse place à des savanes ou steppes sahéliennes arides et un sol plus exposé à l'érosion tant hydrique qu'éolienne.

Les sols auparavant mis en jachère pour retrouver leurs qualités (structure, fertilité), sont désormais cultivés chaque année, le plus souvent sans rotation des cultures. Cette surexploitation leur fait subir un appauvrissement qui est rarement compensé par l'apport d'éléments fertilisants. Il en résulte une extension des superficies cultivées à des terres marginales qui ne peuvent fournir que de faibles rendements (Roose, 1994). Ainsi, l'extension des terres cultivées de façon extensive est actuellement l'un des facteurs le plus important de la dégradation des terroirs (Vlaar, 1992).

De 1968 à 1985, la pluviosité moyenne annuelle a baissé et l'espace pastoral a été fortement réduit par l'extension des zones de culture (Chamard et Courel, 1989). Loin d'être perçus comme des victimes de ces changements, les pasteurs en sont quelquefois tenus pour responsables. L'élevage pastoral est une activité dégradante de la végétation et participe à la désertification. Lorsque la capacité de charge des pâturages est dépassée, les troupeaux

provoquent la compaction des zones et la réduction du couvert herbacé par piétinement et surpâturage.

Les feux de brousse intempestifs peuvent avoir des effets érosifs importants. En effet après le passage du feu, la couverture du sol n'est plus assurée ; le sol est donc soumis à la battance des gouttes de pluies. Outre la dénudation, l'échauffement et la perte de matières organiques dégradent la structure du sol.

1.1.2 - Pluviosité

La pluviosité de la zone soudano-sahélienne est caractérisée non seulement par une irrégularité des quantités tombées mais aussi par une mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps. Cela conduit à des sécheresses récurrentes et à des productions agricoles aléatoires. Malgré leur durée particulièrement brève et leur quantité faible, ces pluies sont à fortes intensités ou développent une énergie cinétique suffisante pour causer des dommages. L'intensité des pluies est le principal facteur du phénomène de ruissellement, entraînant une dégradation rapide de la structure des sols en surface (Nicou *et al.*, 1990 ; Guillobez et Zougmore, 1994). Elle intervient à deux niveaux : la saturation momentanée de la porosité du sol, et l'énergie cinétique que la pluie dissipe en détruisant la structure du sol (battance). En effet, le ruissellement ne peut se manifester que lorsque le débit de la pluie dépasse les possibilités d'absorption par les pores du sol (Roose, 1977). On assiste alors à une baisse rapide du régime d'infiltration (Casenave et Valentin, 1989).

Les fortes intensités entraînent la conjonction des phénomènes d'engorgement et de battance qui aboutissent à la formation des croûtes (quelques cm) ou de pellicules (quelques mm) très peu perméables. La formation des croûtes ou organisations pelliculaires superficielles, entraîne une réduction de l'infiltrabilité, accroît les risques de ruissellement et d'érosion (Le Bissonnais, 1989-1990 ; Casenave et Valentin, 1989). Il en résulte une diminution de la perméabilité et des stocks d'eau des sols. On assiste en général à une baisse de la fertilité physique et chimique des sols. A cet effet, peuvent se conjuguer les hautes températures qui caractérisent la zone.

1.1.3 - Températures et vents

La zone soudano-sahélienne est caractérisée par un régime thermique élevé et dont les probabilités de dépasser 25 à 30°C dans n'importe quel mois sont presque à 100% (Vlaar, 1992).

Les températures faibles entre novembre et février, croissent graduellement jusqu'à mai-juin où elles atteignent leur maximum. Elles restent importantes pendant la saison des pluies et peuvent ainsi empêcher la germination et réduire l'efficacité des pluies par l'augmentation de l'évaporation et de l'humidité relative. Les fortes températures activent également l'activité microbienne et favorisent ainsi la dégradation de la matière organique, réduisant les chances d'en accumuler au bénéfice de la fertilité du sol.

En ce qui concerne le vent, son action est principalement néfaste pendant la saison sèche (harmattan) et lors des grands vents qui précèdent les pluies du début de la saison des pluies où le sol est particulièrement nu. Les vitesses moyennes et annuelles sont généralement assez faibles (2 à 4 m/s) (Vlaar, 1992). Il constitue l'un des facteurs conditionnels des états de surface par son rôle sur l'érosion éolienne en zone aride et semi-aride particulièrement.

Les températures élevées et la vitesse importante du vent ont pour conséquence une intense évaporation qui se traduit par une réduction des stocks d'eau dans le sol.

1.1.4 - Fertilité des sols

La capacité productive d'un sol, c'est à dire sa fertilité, dépend de plusieurs composantes : son état physique, son statut minéral et organique (fertilité chimique) et son activité biologique. Ainsi les caractéristiques physiques et chimiques du sol déterminent son érodibilité (Roose, 1994 ; Hien, 1995). Cependant, l'horizon de surface de nombreux sols de l'Afrique de l'Ouest semi-aride sont dits appauvris. En effet, d'une façon générale, les sols ferrugineux tropicaux sont caractérisés par une mauvaise stabilité structurale des horizons superficiels liés à leur richesse en limons et sables fins et à leur faible teneur en matière organique. On note à ce propos que les sols tropicaux ferrugineux ont des taux de matières organiques inférieurs à 3% sous végétation et tombent très vite sous culture où l'on rencontre des taux de 0,7% (Pieri, 1989). La baisse des taux de matière organique, entraîne sous l'influence de la forte énergie cinétique des pluies et du développement trop peu réduit de la végétation, une formation des croûtes qui limitent l'infiltration (Casenave et Valentin, 1989). La dégradation physique des sols regroupe trois phénomènes : l'encroûtement, la dislocation structurale et le compactage (Hien, 1995).

La croûte est due à l'action mécanique des gouttes de pluies sur le sol (Hoogmoed et Stroosnijder, 1984 ; Casenave et Valentin, 1989) : l'énergie cinétique des gouttes de pluie disperse les particules de sol dont les plus fines, entraînées par l'eau d'infiltration, forment un film qui limite en retour la même infiltration. De même, le ruissellement en nappe, en

transportant les particules fines du sol, peut créer une surface de plus en plus imperméable. La conséquence de l'encroûtement est la réduction de l'infiltration et l'accroissement des pertes d'eau utile pour la production (Boiffin, 1984).

La dislocation structurale, elle, est liée à la diminution du taux de matière organique du sol qui peut provoquer un effondrement des agrégats argilo-humiques (Le Bissonnais, 1989-1990). Elle concerne plus fréquemment les sols cultivés où les labours réguliers et la minéralisation de la matière organique sans compensations extérieures suffisantes, constituent des facteurs favorables. Une des conséquences de ce phénomène est le compactage (Valentin, 1981) qui se traduit par une réduction de la porosité et, qui rend l'enracinement difficile.

La dégradation chimique des sols est le résultat de l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs suite à l'exploitation sans apport de fertilisants ou d'amendements organiques, source des éléments minéraux. L'appauvrissement chimique des sols dans la zone soudano-sahélienne est généralement plus rapide en ce qui concerne les éléments majeurs (N et P) en raison du caractère extensif des systèmes de production eux-mêmes (Hien, 1995) ; ce qui explique la baisse de la production après quelques années d'exploitation (Pieri, 1989). Dans notre zone d'étude, l'azote et le phosphore sont les deux principaux facteurs limitants de la production, tandis que le faible taux de matières organiques est à l'origine de la mauvaise structure et du faible taux de rétention d'eau (Kessler et Geerling, 1994). Cependant, l'utilisation massive d'engrais minéraux dans leurs formules actuelles peut entraîner aussi un appauvrissement des sols en bases (acidification), et en matière organique, qui se traduit particulièrement par une déficience en potassium et une toxicité en aluminium (Sédogo, 1993).

La dégradation biologique concerne à la fois des changements de la couverture végétale, de la composition floristique et/ou de la diversité des espèces aussi bien des plantes que des animaux. Partout dans le monde, la FAO (1996) constate une diminution du couvert végétal ; ce qui est à la base du processus de dégradation des sols. L'action de l'homme (défrichements, surpâturage) entraîne la diminution de la couverture biologique du sol exposant celui-ci aux agents de dégradation que constituent l'intensité des pluies, le ruissellement et les vents. Cette réduction du couvert végétal réduit également la capacité de renouvellement de la matière organique du sol, qui induit à son tour une baisse permanente des éléments nutritifs. La faible teneur en matière organique diminue également la microflore et la faune du sol (Robert, 1992) ; ceci influence négativement l'état physique du sol.

L'érosion hydrique naît des suites de la diminution du recouvrement du sol par les végétaux. Elle entraîne des pertes plus ou moins importantes de sol et d'éléments nutritifs qui vont se concentrer dans les bas-fonds ou dans les zones non dégradées. De ce point de vue, on estime que l'érosion est un des facteurs qui contribuent à la formation des hétérogénéités au Sahel (Thiombiano, 2000). Dans le plateau central burkinabé (région de Saria), et à titre indicatif, les pertes de terre dues à l'érosion hydrique étaient estimées à 0,51 t/ha sous végétation naturelle contre 7,3 t/ha sous une culture de sorgho (Roose, 1981). Sur des sols nus, l'érosion peut entraîner des pertes annuelles supérieures à 25 t / ha.

1.2 - Techniques de gestion des sols au Burkina Faso

Les techniques de conservation des sols regroupent les actions mécaniques, les techniques culturales et les techniques biologiques.

1.2.1 - Techniques mécaniques

1.2.1.1 - Zaï

Pratique traditionnelle de nos jours très répandue dans la zone soudano-sahélienne, le zaï a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et d'étude d'impact (Roose *et al.*, 1993 ; Zougmoré, 1995 ; Reij *et al.*, 1996 ; Maatman *et al.*, 1998 ; Amboutta *et al.*, 1999 ; Zombré *et al.*, 2000 ; Zougmoré *et al.*, 1999). C'est une technique de récupération des terrains encroûtés qui consiste à creuser des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur afin de recueillir les eaux de ruissellement et de les y faire infiltrer. Le déblai est déposé en aval pour bloquer le ruissellement. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les paysans (une poignée de main soit environ 600 g/trou) sous forme de fumier ou de compost avant la période de semis.

Les avantages du zaï sont principalement la capture des eaux de ruissellement et de pluie, la préservation des semences et de la matière organique, la concentration de la fertilité et des eaux disponibles au début de la saison des pluies. L'augmentation de la rugosité de la surface du sol permet de ralentir le ruissellement et le vent au ras du sol, de capter au fond des cuvettes les débris organiques et les particules fines transportées en suspension et de protéger les jeunes plantules. Cette technique apporte encore un regain des activités biologiques du sol : croissance des plantules qui profitent de la minéralisation de la fumure organique apportée, perforation de la croûte par les termites, et partant, une amélioration de la structure du sol (Mando, 1997).

C'est une technique à haute intensité de travail qui peut poser des problèmes aux familles disposant de peu de bras valides. L'expansion du zaï peut être aussi limitée par la disponibilité du fumier ou du compost.

1.2.1.2 - Demi-lunes

La demi-lune est une cuvette en forme de demi-cercle, ouverte à la pioche. La terre de déblais est disposée en un bourrelet semi-circulaire au sommet aplati comme une banquette de terre. Les demi-lunes sont disposées en courbe de niveau, en quinconce et recueillent le ruissellement de l'amont qui s'infiltrer. Elles sont réalisées sur des glacis recouverts encroûtés durs de quelques cm, qui empêchent l'eau de s'infiltrer. Elles permettent de collecter les eaux de ruissellement et sont ainsi bien adaptées aux zones semi-arides et arides. Selon Masse *et al.* (1995), les demi-lunes permettent une amélioration des réserves hydriques du sol ainsi qu'une augmentation de la profondeur d'humectation de 20 à 40 cm. Elles accroissent la production agricole et cela d'autant qu'on y ajoute un complément minéral ou organique. Tout comme le zaï, l'expansion de l'application des demi-lunes est freinée par la disponibilité limitée du fumier ou compost, la rudesse du travail d'ouverture des cuvettes de demi-lune et souvent par le manque de main-d'œuvre et de sécurité foncière.

1.2.1.3 - Diguettes anti-érosives

Il s'agit de mesures physiques de conservation des eaux et des sols tels que les cordons pierreux et les diguettes en terre. Les diguettes en terre sont implantées selon les courbes de niveau, en un écartement déterminé par la pente du terrain et la hauteur des diguettes (Dugué *et al.*, 1994). Ce sont des ouvrages imperméables, qui retiennent toute l'eau, et favorisent son infiltration maximale. A la différence des diguettes en terre qui bloquent la lame d'eau ruisselée, les cordons pierreux sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse de ruissellement. Ils permettent la sédimentation des particules (sables, mais aussi terre fine, matière organique) à l'amont de la diguette, une augmentation de l'infiltration des eaux ruisselantes (Hien, 1995 ; Serpantié et Lamachère, 1998) dans les conditions soudano-sahéliennes.

En revanche, l'impact sur l'infiltration dépend du sol et des états de surface. Lorsque le sol est sableux et le ruissellement important, l'atterrissement est si conséquent à l'aval du cordon que les pierres disparaissent dès la première année. Au cours des saisons, le cordon a parfois tendance à s'enfoncer dans le sol. Il est donc nécessaire de compléter l'action des cordons par une végétation adéquate par repiquage ou semis d'*Andropogon*. Mais la contrainte majeure est

la disponibilité en pierres et leur transport. Même avec une charrette asine, le travail reste pénible. Lorsque les pierres sont éloignées de la parcelle, l'aménagement devient très difficile avec les moyens paysans.

Afin de valoriser les travaux d'aménagement, il est aussi indispensable d'améliorer les techniques culturales pour augmenter l'infiltration et la capacité de rétention.

1.2.2 - Techniques culturales

1.2.2.1 - Jachère

En Afrique, un système de maintien de la fertilité des sols consiste en une phase de culture (5 à 10 ans) suivie d'un abandon cultural (jachère) dès qu'une baisse de rendements et de la fertilité se fait sentir ou qu'un envahissement par les mauvaises herbes ou des parasites est observé (Floret et Serpantié, 2001). Dans le cycle culture-jachère, les processus biologiques jouent un grand rôle car même les jachères courtes développent rapidement de meilleures structures (Ouattara *et al.*, 1997 ; Serpantié et Somé, 1998).

Les jachères contribuent à restaurer l'état de surface, en éliminant l'encroûtement superficiel produit par l'instabilité croissante des agrégats sous l'action des pluies et ses conséquences sur le ruissellement et l'érosion (Roose, 1993). La jachère joue donc un rôle anti-érosif (Cesar et Coulibaly, 1993 ; Pieri, 1989 ; Fournier *et al.*, 2000). D'après Roose (1979), l'érosion est de 3 à 9 t/ha et le ruissellement atteint 20 à 40% dans les sols cultivés, alors qu'ils sont respectivement de 10 à 160 kg et de 1 à 5% dans les jachères.

Cependant, avec l'augmentation de la population en Afrique tropicale, les jachères sont soumises à une forte pression agricole et sylvopastorale et cela se traduit par la diminution de leurs surfaces, de leurs durées mais aussi de leurs ressources pastorales et ligneuses (Masse *et al.*, 1998). Compte tenu de cette situation, les jachères naturelles ne remplissent plus leur rôle de restauration de la fertilité physique, chimique et biologique des sols (Pieri, 1989 ; Sédogo, 1993).

Le recours aux jachères améliorées est une des solutions proposées pour pallier les problèmes liés à l'utilisation de la jachère naturelle. En effet, des travaux de Azotonde *et al.* (1998) ont montré par exemple l'effet positif de *Mucuna* sur les caractéristiques physiques du sol. Ces dernières sont considérablement améliorées à travers une porosité sensiblement plus

élevée. Ces mêmes auteurs soulignent l'amélioration des conditions d'alimentation hydrique des cultures (contrôle de l'érosion, accroissement de l'infiltration).

Toutefois, ces jachères courtes sont d'une grande diversité, limitant leur utilisation en milieu paysan. Il s'agit des conditions agro-écologiques et socio-économiques dont la densité de la population prévalant entre les régions et terroirs, les modes d'exploitation de ces terroirs (gestion individuelle et collective des ressources, nature des systèmes de culture).

1.2.2.2 - Associations et rotations des cultures

L'association des cultures est une pratique agricole traditionnelle au Burkina Faso. L'agriculteur associe plusieurs cultures dans la même parcelle dans le but de tirer le meilleur parti de sa parcelle, chaque culture étant de hauteur, de forme et de cycle différents. Les cultures associées fournissent une couverture du sol presque permanente et assurent ainsi une bonne protection du sol contre l'érosion et le lessivage des éléments nutritifs (Sawadogo *et al.*, 1985 ; Zougmore *et al.*, 2000). Dupriez et Leener (1990) indiquent par exemple qu'une association maïs/niébé couvre 90% de la surface du sol en trois ou quatre semaines d'un couvert végétal protecteur contre l'« effet splash ». Comme l'a aussi souligné Roose (1992), la protection de la surface par une litière (mulch de paille) ou un couvert végétal bien développé permet de diminuer les pertes par ruissellement et de ralentir l'évolution des croûtes. La meilleure couverture du sol permet également d'étouffer les mauvaises herbes, de diminuer la température du sol et donc l'évaporation de la surface du sol.

La rotation culturale est la succession dans le temps de différentes cultures sur une même parcelle mise en culture. Elle corrige l'effet négatif de moindre protection du sol pendant plusieurs années, dû aux cultures peu couvrantes. Elle permet en outre le maintien de la fertilité du sol par l'utilisation différente des nutriments par les cultures successives (Benoît et Pastor, 1997).

L'existence possible de la concurrence pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs entre les cultures, est la principale limite des associations et rotations culturales.

1.2.2.3 - Travail du sol

Le travail du sol signifie en principe le changement des propriétés physiques du sol à la surface (Vlaar, 1992).

En travaillant la terre, on casse la croûte en surface du sol, ce qui facilite l'infiltration et réduit l'évaporation. D'autre part, l'écoulement de l'eau est freiné (Hoogmoed, 1999). Le travail du sol permet aussi d'améliorer la structure du sol pour obtenir ainsi un meilleur enracinement et une bonne absorption des éléments nutritifs par les plantes.

Par ailleurs l'influence sur l'infiltration, l'évaporation et le stockage d'eau en surface sont déterminés par la profondeur, l'orientation et l'état du sol pendant le travail (sec/humide, détaché/compacté) et le type de travail du sol (Vlaar, 1992). Le travail du sol regroupe, en effet, le scarifiage, le grattage, le labour à plat, le sous-solage, le buttage, le billonnage, etc.

1.2.2.3.1 – Scarifiage et grattage

Le scarifiage ou grattage est une façon de travailler le sol où on gratte la couche superficielle avec un instrument à dents manuellement ou à traction animale. Il est effectué, soit en « sec » ou en « humide ».

En sec, on obtient un travail très superficiel et très irrégulier. L'effet positif sur l'infiltration est de courte durée car une croûte sera très vite reformée s'il n'est pas suivi de labour (Vlaar, 1992).

En humide, le travail est plus profond, donc une plus grande infiltrabilité du sol. Un sarclage régulier pendant la période de croissance pour éviter le développement des adventices aura pour conséquence favorable que les croûtes formées pendant les pluies seront rompues, ce qui augmentera la capacité d'infiltration.

Les désavantages sont la fréquence des croûtes presque après chaque pluie et l'augmentation du risque d'érosion (Nicou *et al.*, 1987).

1.2.2.3.2 - Labour à plat

Le labour donne une surface ondulée couverte de mottes ou agrégats dont la taille dépend du type de sol et des conditions pendant le travail : sol sec et dur donnera une surface avec de grosses mottes ; un sol léger et mouillé donnera peu d'agrégats (Vlaar, 1992). Ce type de labour a la particularité d'avoir des bandes retournées dans le même sens sur toute la surface travaillée. On a ainsi l'avantage de ne pas avoir de dérayures sur la parcelle, donc pas de rigoles.

Le labour a un effet brisant sur la croûte du sol (Nicou *et al.*, 1990). Ainsi, l'infiltration est améliorée et un micro-relief est créé entraînant un ruissellement diminué, et une érosion freinée (Morin, 1993 ; Hoogmoed, 1999). Aussi, l'amélioration de la structure du sol à cause de la porosité augmentée par l'action du labour permet un enracinement meilleur et profond. Cela garantit une meilleure croissance végétale et donc une couverture améliorée du sol.

Cependant, certains chercheurs nuancent les résultats positifs du labour. En évaluant la charge solide du ruissellement, Roose (1977) a montré qu'après une pluie, l'érosion reprend plus vite dans le cas d'un labour que sur un témoin. De même, Collinet *et al.* (1980) ont obtenu sur parcelles labourées des gains d'infiltration dus au labour très modestes (0,6 à 4,7 mm) ; ceci traduit une stabilité structurale très médiocre des mottes de labour qui se désagrègent rapidement et dont les éléments colmatent rapidement les porosités ouvertes artificiellement. Nicou *et al.* (1987) à Saria ont obtenu un effet net sur le rendement provoqué par une meilleure utilisation de l'eau à travers une infiltration améliorée et un ruissellement diminué de 20%. Ils ont également constaté une élévation légère du niveau de l'érosion (6%) et, en considérant les différences entre les conditions sur les stations expérimentales et le milieu paysan, on pourrait supposer une aggravation de l'érosion en utilisant le labour à plat. Il apparaît donc nécessaire selon Guillobez et Zougmore (1994) de sarcler une ou deux fois pendant l'hivernage afin de casser les croûtes formées pendant les pluies et éliminer aussi les adventices.

1.2.2.3.3 - Sous-solage

L'objectif est de casser la couche superficielle d'un sol colmaté afin d'améliorer sa capacité d'infiltration à l'eau. Le sous-solage est exécuté à l'aide d'un tracteur ou d'un bulldozer jusqu'à une profondeur de 30 cm et même plus. Il s'avère cependant que le sous-solage soit suivi par une préparation de lit de semence avec une houe ou un outil à dents à traction animale.

A cause de son coût, le sous-solage ne peut être effectué annuellement. Le sous-solage comme moyen de travail est rarement appliqué. Dans la plupart des cas, le tracteur n'est pas disponible.

1.2.2.3.4 - Buttage et Billonnage

Le buttage est un travail du sol en buttes. Le buttage et le billonnage peuvent être réalisés à la main ou à la charrue ou par un billonneur (Nicou *et al.*, 1987). Dans le cas du buttage, les billons sont buttés en sarclant, c'est à dire après l'émergence des plantes semées en ligne sur un

lit de semence préparé par la méthode « conventionnelle ». Les billons sont réalisés suivant les courbes de niveau. L'eau se concentre dans les sillons, s'y infiltre au profit des plantes. Pour optimiser la rétention d'eau dans la parcelle, on réalise le cloisonnement des billons. Ceux-ci entraînent la formation de petits bassins qui empêchent le mouvement de l'eau.

Conclusion

L'amélioration du travail du sol sans apport d'engrais ou de fumier permet l'augmentation des rendements qui peut être attribuée à l'enracinement plus intensif et plus profond des cultures et à une augmentation de la quantité d'eau disponible. Toutefois en permettant d'accroître les réserves en eau du sol, le travail du sol entraîne une augmentation de la biomasse aérienne et racinaire donc des besoins en éléments minéraux plus importants. L'alimentation minérale des plantes, notamment en P et N devient un facteur important dans la mesure où la contrainte hydrique est levée ou partiellement levée. Pour obtenir une agriculture durable, l'amélioration du travail du sol doit être combinée avec un apport d'éléments nutritifs sous forme d'engrais ou de fumiers. Aussi le sol doit être protégé des gouttes de pluie par une couverture vivante ou morte.

1.2.2.3.5 - Fumures organiques et minérales

Les systèmes de productions actuelles connaissent une utilisation de la fumure organique et de l'engrais chimique sur les champs de village. L'apport de fumure organique sous forme de fumier, compost ou de poudrette est indispensable au développement d'une bonne structure et d'une bonne croissance des plantes (Dugué *et al.*, 1994). En effet, l'incorporation de la matière organique a des conséquences de première importance sur la stabilité structurale, l'aération du sol et sa perméabilité. Une plus grande perméabilité réduit le ruissellement et augmente la capacité de stockage de l'eau, donc une meilleure production primaire. L'adoption technique du maintien de la fertilité par la fumure organique est surtout limitée par la nature extensive de l'élevage et des difficultés de transport de l'eau et des pailles pour le compostage. D'une façon générale, les parcelles cultivées proches des habitations sont les principaux bénéficiaires.

L'apport d'engrais chimique permet d'améliorer le développement des cultures et une rapide couverture et protection du sol contre le « splash ». Cela permet aussi d'entretenir la fertilité des sols et éviter qu'ils ne s'appauvrissent (Dugué *et al.*, 1994). Cependant la fumure minérale est d'autant plus rentable que les conditions de culture sont bonnes. Elles sont appliquées sur les cultures d'exportation ou éventuellement sur les cultures irriguées, alors que

les cultures vivrières en reçoivent très peu (Pieri, 1989). Les engrais chimiques utilisés sont acidifiants et ne contiennent pas d'éléments basiques tels que le Ca et le Mg. Il en résulte en particulier l'acidification et l'apparition de l'aluminium échangeable (Pieri, 1989). Selon Sédogo (1993) l'emploi exclusif des engrais chimiques accélère la minéralisation de la matière organique ; ce qui entraîne un appauvrissement des sols. Selon cet auteur, seule l'utilisation combinée des engrais et des matières organiques permet de limiter la baisse de la matière organique et même d'en augmenter les teneurs. Mais l'option technique des engrais est surtout limitée par les faibles moyens financiers des paysans. Aussi, les conditions indispensables à l'utilisation des fumures organiques et minérales sont l'amélioration de l'alimentation en eau des cultures par le travail du sol et l'élimination précoce des adventices.

1.2.3 - Techniques biologiques

1.2.3.1 - Mise en défens

La mise en défens est la protection d'un terroir ou d'une parcelle contre l'homme et/ou les animaux domestiques. C'est donc une jachère protégée contre les formes de pressions liées aux activités humaines (pâturage, feu de brousse, coupe de bois). Plusieurs études ont montré que la protection intégrale d'une zone dégradée entraîne une régénération du couvert végétal avec une amélioration de la production primaire et une modification de la structure de la végétation (Rochette, 1989). Ainsi on assiste le plus souvent à une régénération spectaculaire de jeunes pousses d'arbustes et d'arbres (*Acacia seyal*, *Acacia nilotica*, *Acacia albida*, *Bauhinia rufescence*, *Ziziphus mauritiana*) (Dugué *et al.*, 1994). L'amélioration du couvert végétal est accompagnée de l'amélioration des propriétés hydrodynamiques des sols (Albergel *et al.*, 1995 ; Span et Van Dijk, 1998 ; Albergel *et al.*, 1999). Une étude de Albergel *et al.* (1995) a montré que la mise en défens réduit le ruissellement par un facteur de trois et l'érosion par un facteur pouvant aller jusqu'à onze.

Il faut cependant noter que la mise en défens, parce qu'en s'appuyant exclusivement sur la résilience du système et surtout sur la présence d'un minimum de couvert végétal, n'est pas une mesure appropriée pour des surfaces nues et encroûtées (Mando *et al.*, 2000). Dans de tels cas, des mesures d'accompagnement sont indispensables pour accélérer le processus de réhabilitation. Par ailleurs, l'installation d'une mise en défens requiert un processus plus ou moins long de négociation entre les communautés riveraines, communautés qui le plus souvent

sont en compétition pour l'utilisation de l'espace. La mise en défens n'est envisageable que dans le cadre d'un aménagement régional ou de bassins versants.

1.2.3.2 - Paillage

La technique du paillage est très ancienne et très répandue dans la zone sub-sahélienne. Elle consiste à recouvrir le sol d'une couche de 2cm d'herbes équivalant à 3 à 6t/ha ou de branchages ou encore de bouses. Le paillage contribue à améliorer la structure du sol, à réduire l'évaporation et à diminuer le ruissellement (Amboutta *et al.*, 1999 ; Zombré *et al.*, 2000). Il contribue à améliorer la fertilité du sol quand le rapport C/N du paillis est bas et à immobiliser les éléments minéraux quand il est élevé. La couverture du sol par le paillage réduit à zéro l'énergie cinétique des pluies (Casenave et Valentin, 1989). Elle joue en effet un rôle protecteur en limitant le détachement des particules sous l'impact des gouttes de pluie, mais surtout en divisant la lame ruisselée (Zougmore, 1991), ce qui ralentit la circulation de l'eau et augmente la largeur d'écoulement. L'action bénéfique des termites est également bien connue (Miétton, 1986 ; Mando, 1997). En effet les termites créent des couloirs dans les sols et à la surface des sols en détruisant les croûtes de battance, augmentant ainsi de façon considérable la porosité et la perméabilité du sol. Elles remuent et mélangent de grandes quantités de sol. L'application du paillis dans les zones semi-arides du Sahel où l'érosion éolienne est présente entraîne une accumulation de particules sous forme de sédiments sous les paillis (Mando et Stroosnijder, 1999). Tous ces facteurs mis ensemble créent des conditions plus favorables pour le développement des racines. Le relief créé par ces paillis après consommation par les termites, suffit pour absorber l'énergie d'une certaine quantité de pluie et pour diminuer le ruissellement (Roose, 1994).

Certes, le couvert assuré par les résidus de récolte limite les risques d'encroûtement et favorise considérablement l'infiltration, mais l'efficacité de cette technique diminue lorsque le taux d'argile augmente (Collinet *et al.*, 1980). Aussi, dans cette région peu de résidus de récolte restent sur le champ après la récolte car ils sont utilisés pour l'alimentation du bétail (composante essentielle de l'économie de subsistance) ou comme source d'énergie. La faible disponibilité de paille et la distance de transport sont également des contraintes du paillage. En effet, la forte demande en paille pour l'édification des toitures ou d'objets artisanaux et l'alimentation du bétail mais aussi comme source d'énergie domestique, est si primordiale que l'allocation des résidus pour la protection des sols est difficile (Mando, 1999). De même, les

feux de brousse causent la disparition de la paille et constituent aussi un facteur limitant à l'utilisation du paillage.

1.2.3.3 - Techniques agroforestières

L'agroforesterie offre des possibilités de lutte anti-érosive par la couverture du sol fournie par le couvert des arbres et la litière (Young, 1995). Parmi les pratiques agroforestières les plus importantes dans la zone tropicale figurent les parcs agroforestiers, les brise-vent, les haies vives, les cultures intercalaires ou en couloirs et les bandes enherbées.

1.2.3.3.1 - Parcs agroforestiers

Les parcs agroforestiers ou la présence d'arbres à usages multiples disséminés dans les cultures ou à leurs abords sont des systèmes traditionnels de production agricole des zones tropicales de l'Afrique de l'Ouest. Les arbres atténuent les effets du climat sur les terres de cultures, transforment le sol et fournissent des produits divers tels que le bois, le fourrage, les fruits et légumes, les médicaments (Delaite et Pastor, 1997).

Par leur feuillage, les ligneux protègent le sol contre les gouttes des pluies et permettent ainsi de réduire l'érosion. Aussi, par le chevelu de leurs racines, ils ameublissent le sol et facilitent la pénétration de l'eau dans le sol. Par leurs racines, ils fixent le sol et exploitent ce dernier en profondeur en remontant les nutriments jusque dans leurs feuilles qui, en se décomposant à la surface du sol, les mettent à la disposition des cultures à enracinement moins profond.

Certains ligneux, notamment les légumineuses sont fixatrices d'azote atmosphérique et améliorent donc la fertilité du sol. Parmi les arbres que les paysans du Sahel laissent traditionnellement sur leur champ, on peut citer entre autres le néré (*Parkia biglobosa*), le karité (*Vitellaria paradoxa*), le tamarinier (*Tamarindus indica*). Mais l'arbre le plus communément utilisé en zone centrale soudano-sahélienne est *Faidherbia albida*. C'est aussi le seul dont les agriculteurs disent qu'il augmente la production des cultures associées (Sawadogo *et al.*, 1985). Le manque ou l'insuffisance de la gestion et l'absence de renouvellement des systèmes constituent les contraintes majeures de ce système de culture.

1.2.3.3.2 – Brise-vent

Les brise-vent consistent en une ou plusieurs bandes de végétation. Ils forment un écran qui modifie la vitesse et la turbidité du vent. Ils réduisent aussi la vélocité du vent au ras du sol, protégeant alors le sol et les cultures (Mayus, 1999). De plus, le changement du courant d'air peut créer un climat favorable aux cultures. Cette action porte sur la température et les conditions qui y sont liées : l'humidité de l'air et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Ils diminuent l'ETP de 20% (Delaite et Pastor, 1997). Cependant, ces valeurs varient en fonction d'un certain nombre de facteurs dont la densité, le choix des espèces et la technique de plantation. Ainsi d'après Heush *in* Roose (1994), si l'on réduit trop la vitesse du vent, la température s'élève et les plantes grillent le long du brise-vent. De même Baumer (1987) indique que les ligneux peuvent grandement faciliter l'infiltration et réduire l'écoulement de l'eau à la surface du sol, bien qu'un mauvais choix des espèces ou une mauvaise technique de plantation puisse avoir un effet contraire. Un effet dépressif peut être aussi observé si les arbres ne sont pas suffisamment taillés.

1.2.3.3.3 - Haies vives

La haie vive consiste en un alignement d'arbres ou d'arbustes dans le but de lutter contre l'érosion hydrique en freinant le ruissellement des eaux de pluie, en favorisant l'infiltration et en limitant le transport de la terre et les fertilisants. Les haies vives peuvent aussi freiner la vitesse du vent pourvu qu'elles soient bien orientées. Même de simples clôtures de branches mortes d'épineux provoquent une accumulation de sables à leur pied, ce qui montre bien qu'elles réduisent la vitesse du vent (Baumer, 1987).

Selon Hien et Zigani (1987), une plantation en double ligne avec une disposition en quinconce des plantes d'une ligne à l'autre donne à la haie une plus grande efficacité. Perpendiculairement à la pente les haies freinent le ruissellement et le transfert des sédiments érodés qui se déposent en amont des clôtures et jouent également le rôle de brise vent (Delaite et Pastor, 1997). Le contrôle de l'érosion pluviale se situe au double niveau de la réduction de la force cinétique des gouttes de pluie par le feuillage et la litière et de la limitation des filets d'eau et de leur regroupement au sol. La présence de plusieurs étages est largement favorable à la réduction de ces deux forces (Young, 1995).

Pour renforcer son efficacité anti-érosive et de limitation du ruissellement, on place des branches ou des tiges de céréales le long du côté amont de la haie ou on double la haie vive en

amont d'une bande herbacée pérenne touffue de manière à reconstituer un filtre au niveau du sol qui piège les particules de terre. Les effets bénéfiques d'un tel système sont immédiatement visibles : dépôt en amont de terre qui se dépose en nappe, formation progressive d'un talus et création d'un réseau de racines facilitant l'infiltration de l'eau (Vlaar, 1992 ; Benoît et Pastor, 1997).

1.2.3.3.4 - cultures intercalaires ou cultures en couloirs

Les systèmes de culture en couloir avec haie sur pente contrôlent l'érosion en freinant le ruissellement et la perte de sol grâce à un effet barrière des haies et la couverture du sol fournie par les résidus d'élagage (Young, 1995). Ils permettent le maintien ou l'amélioration de la fertilité du sol par la décomposition des résidus d'élagage et des racines.

La plupart des potentialités agroforestières sont fortement favorables et constituent des supports certains au développement rural durable. Cependant les limites sont nombreuses et concernent les domaines socio-économiques et techniques, ces deux étant intimement liés. Selon de nombreuses études (Baumer, 1987 ; Kerkhof, 1991 ; Benoît et Pastor, 1997), les initiatives de la foresterie privée ou communautaire, de même que celles de l'agroforesterie sont limitées par le statut foncier, l'accès restreint à une propriété privée directe, par la réglementation de la jouissance des produits issus de ces activités et celles de leur commercialisation en particulier.

1.2.3.3.5 - Bandes enherbées

Ce sont des bandes constituées d'herbacées installées suivant les courbes de niveau dans les champs, seules ou en amont d'ouvrages anti-érosifs comme les cordons pierreux ou les diguettes en terre. La couverture directe des structures anti-érosives par des espèces herbacées est une méthode efficace et durable pour leur stabilisation (Vlaar, 1992). Les herbes pérennes sont préférées parce que leurs systèmes racinaires restent au sol toute l'année. L'espèce *Andropogon gayanus* est la plus répandue, du fait que la paille en est très recherchée, notamment pour faire des nattes, des toitures et pour servir d'aliment de bétail. Outre *Andropogon gayanus*, d'autres espèces comme *Stylosanthes hamata*, *Bracharia ruziziensis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum purpureum*... peuvent être également utilisées.

Les bandes d'*Andropogon gayanus*, qu'on peut souvent observer comme limitation des champs au Plateau central du Burkina Faso, servent elles-mêmes de structures anti-érosives (Kessler et Boni, 1991). Elles permettent de freiner les eaux de ruissellement et de favoriser leur

infiltration ; elles jouent le rôle de filtre et provoquent ainsi le dépôt de sédiments provenant de l'amont de la bande (Mando *et al.*, 1999 ; Ngaye, 2000 ; Fournier *et al.*, 2000). Selon Delville (1996), le maintien ou le semis de bandes le long des courbes de niveau a normalement un impact sur le ruissellement et l'érosion comparable à celui des cordons pierreux.

Cependant leur efficacité est fonction de leur largeur, de l'importance du ruissellement et des espèces constituant la bande (Benoît et Pastor, 1997). En général, on recommande des bandes de 3 m, tous les 50 m (Delville, 1996 ; Benoît et Pastor, 1997). Dégâts du bétail et emprise au sol sont les deux limites principales des bandes herbeuses, qui constitueraient sinon une bonne réponse biologique à l'érosion et peut être une amorce de production de fourrage. Aussi la compétition pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs entre la bande et les cultures à proximité de la bande limitent la croissance de ces dernières. C'est ce dernier volet qui nous intéresse dans le cadre de notre étude.

Chapitre II

Matériels et méthodes

2.1 – Description des sites d'étude

2.1.1 – Site de Gampéla

2.1.1.1 - Milieu physique

2.1.1.1.1 - Localisation

Créée en 1979 par des américains, la station expérimentale de Gampéla est située à 20 km à l'est de Ouagadougou. Le village de Gampéla appartient au département de Saaba, province de Kadiogo. Ses coordonnées géographiques sont de 12°30'Nord, 1°15'Ouest et à une altitude de 350 m.

2.1.1.1.2 - Climat

Le climat de la zone est de type soudano-sahélien caractérisé par une longue saison sèche (novembre-mai) et une courte saison pluvieuse (juin-octobre). La pluviométrie moyenne annuelle est de 750 mm. Une tendance à la baisse est observée suivant les années (Figure 1).

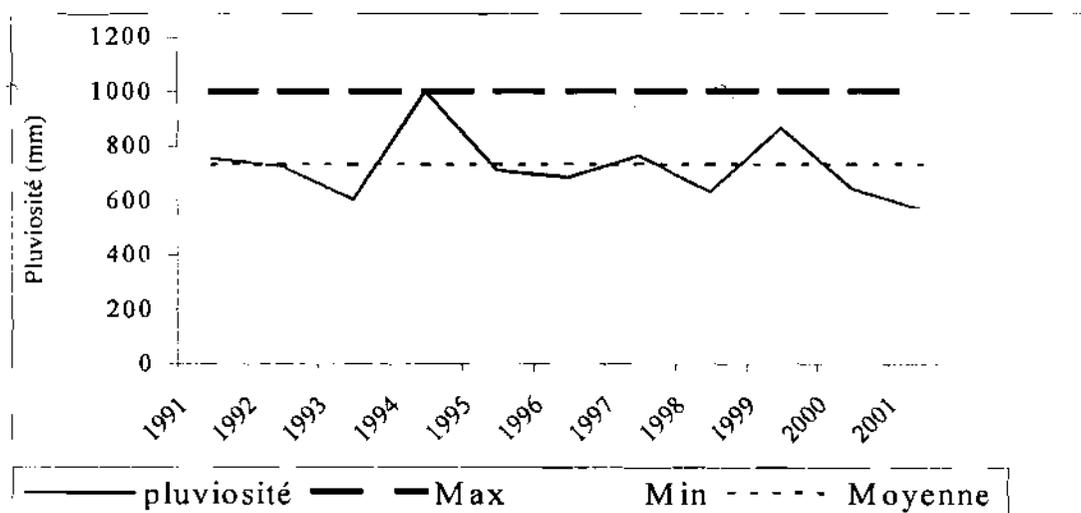


Figure 1 : Pluviosité de 1991 à 2001 de Gampéla

Le régime pluviométrique de Gampéla est également caractérisé par des variations inter-annuelles (figure 1).

La température moyenne est de 28°C. Durant la saison hivernale, l'humidité relative reste élevée (94%) et chute à 17% pendant la saison sèche (BU.NA.SOLS., 1985).

2.1.1.1.3 - Végétation

La végétation est de type savane arbustive et arborée claire avec une strate herbacée annuelle. Les arbres, à distribution lâche sont dominés par les espèces utiles. Il s'agit principalement : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Tamarindus indica*. On y trouve également les espèces comme : *Combretum glutinosum*, *Cumbretum micranthum*, *Acacia macrotachya*, *Scleocaria birrea*, *Bombax costatum*, *Sterculia Setigera* avec quelques espèces exotiques des petits vergers dont *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis* et *Mangifera indica*.

Les strates herbacées sont à dominance de graminées annuelles, constituées le plus souvent en îlots, alternant avec des plages de sols nus : les friches et les jachères jeunes sont recouvertes par *Schizachyrium*, *Loudetia togoensis* tandis que les jachères relativement âgées connaissent un envahissement de graminées pérennes telles que *Cymbopogon schoenanthus*, *Andropogon gayanus*. On y trouve également des espèces comme : *Bracharia deflexa*, *Cynchrus biflorus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *eragrostis tremula*, *Pennisetum pedicellatum*, *Setaria longiseta* (Achard, 1993).

Sur le plan agronomique le couvert végétal dégradé et à dynamique régressive ne joue pas pleinement son rôle d'écran contre l' « effet splash ». En effet, Son caractère lacunaire impose un ruissellement diffus de la lame d'eau qui se divise en plusieurs filets divagants, entraînant un décapage généralisé du sol.

2.1.1.1.4 - Géomorphologie et les sols

Le paysage est quasi plat avec un relief faiblement ondulé marqué par la présence de buttes, de glacis et de dépressions.

La couverture pédologique se caractérise par deux types de sols : la classe des sols brunifiés et la classe des sols à sesquioxydes de fer ou de manganèse (BU.NA.SOLS, 1985). La classe des sols brunifiés est représentée par le sous groupe des sols eutrophes tropicaux lessivés tandis que la classe des sols à sesquioxydes de fer présente des sous groupes de sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et de sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions. Cependant, malgré leur relative hétérogénéité pédologique, ces sols ont en commun une variation texturale importante qui se traduit par une augmentation du taux d'argile en fonction de la profondeur ; ceci provoque une diminution du drainage interne et conséquemment, une apparition des taches

d'oxydoréduction. En outre la structure de leur horizon supérieur est faiblement développée ; ce qui peut contribuer à réduire leur perméabilité.

La structure faiblement subangulaire constitue un facteur limitant important, d'autant plus qu'en surface dominant les limons et les sables fins lesquels sont favorables à la formation des croûtes de battance entraînant ainsi un ralentissement de la perméabilité. Avec la profondeur, le taux d'argile augmentant et constitue un frein pour la pénétration et le développement des racines. En somme, les sols de Gampéla ont des caractères morphologiques et des propriétés physiques assez médiocres (BU.NA.SOLS., 1985).

2.1.1.2 - Milieu humain

Estimée à 850 habitants en 1995, la population de Gampéla est composée de 99% de Mossis agriculteurs et de 1% de Peuls pasteurs, avec une densité élevée pouvant atteindre 50 habitants/ km².

2.1.1.2.1 - Agriculture

La culture du mil et du sorgho, céréales traditionnelles d'hivernage, représente l'essentiel de l'activité agricole. Les paysans disposent en général de trois types de champs (les champs de case, les champs des glacis et les champs de bas-fonds) qui se différencient par leur éloignement des concessions, les types de cultures et le type de sol. Les cultures typiques des champs de cases sont le maïs, l'arachide et un peu de niébé. Le sorgho et le mil sont cultivés sur les sols sableux des glacis, mais également sur les champs de case. Le riz, très peu cultivé, est surtout pratiqué dans les bas-fonds. Durant la saison sèche, seul le maraîchage est pratiqué dans les zones marécageuses. La production est presque intégralement auto consommée.

Le travail du sol se traduit par un labour ou un billonnage à la fin de la saison sèche, suivi de deux à trois sarclages en fonction de la durée de la saison hivernale et de la force de travail. Le buttage est réalisé à la fin du mois d'août pour protéger les cultures contre la verse et contrôler les mauvaises herbes. Les rendements de ces différentes cultures sont fonction du type de sol. Les sols les moins fertiles sont les sols à dominance sableux et les sols latéritiques gravillonnaires. Selon une évaluation de Châtelain (1998) et du Ministère de l'agriculture (1999), les rendements des sols fertiles de Gampéla font partis des plus faibles au Burkina Faso. Cela est dû à la faible fertilité des sols à Gampéla, dont la gestion mérite une attention particulière.

Au Burkina Faso et plus particulièrement à Gampéla, le phosphore (P) est l'élément le plus limitant de la production des cultures telles que le sorgho, le maïs, le riz pluvial, etc. (Bado *et al.*, 1997). Cependant l'engrais NPK est très peu utilisé à cause de son coût élevé. L'application du fumier est limitée par le faible développement de l'élevage et de son caractère extensif. Les déchets ménagés et le compost sont utilisés seulement dans les champs de case. En effet, le compost est très peu répandu, car il nécessite une fosse de compostage et de l'eau en saison sèche. En 1995, il y avait 27 fosses à compost à Gampéla, utilisées par six familles (Châtelain, 1998). Les résidus de cultures qui devraient servir au paillage sont exportés non seulement pour l'alimentation du bétail mais aussi comme source d'énergie. On constate donc que, la gestion de la fertilité des sols demeure encore un problème majeur pour l'agriculture à Gampéla.

2.1.1.2.2 - Elevage

L'élevage est de type traditionnel. Il s'agit essentiellement d'un élevage extensif où le troupeau est composé principalement de bovins, ovins, caprins, d'asins, de porcins et de la volaille. La densité d'animaux est importante à Gampéla : 7 à 10 bovins au km², 10 à 20 petits ruminants au km² (Grouzis, 1983)

2.1.2- Site de Réo

L'étude en milieu paysan a été faite à Réo chef lieu de la province du Sanguié. Il est situé à 30 km de Koudougou et à environ 40 km de la station expérimentale de Saria.

2.1.2.1- Climat

Le climat est de type nord soudanien (Guinko, 1984) caractérisé par deux saisons : une saison des pluies de mai en octobre et une saison sèche de novembre en avril. Cette longue saison sèche a pour conséquence le dessèchement du sol et partant celui du couvert installé en saison pluvieuse.

2.1.2.1.1- Précipitations

La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 750 mm. Les précipitations sont caractérisées par leur irrégularité tant interannuelle qu'au cours de la même année. Une des conséquences de cette forte irrégularité est l'augmentation de la probabilité d'apparition de saisons de pluies déficitaires et donc de récoltes mauvaises voire nulles pour certaines années sèches.

2.1.2.1.2- Températures et vents

La température annuelle est de 28°C en moyenne et les températures minimales moyennes s'élèvent à 30°C pendant l'hivernage (juin-septembre), à 35°C dès le mois d'octobre. Par son influence sur l'évapotranspiration, la température agit directement sur le taux d'humidité du sol et donc sur la capacité d'infiltration en eau.

Les caractéristiques du climat sont sous la dépendance de la circulation des masses d'air, principalement des relations entre les deux principaux anticyclones subtropicaux qui sont : 1) l'anticyclone du Sahara qui donne naissance à un début de direction nord-est-est, sec, chaud pendant la journée et frais pendant la nuit : c'est l'harmattan ; 2) l'anticyclone de saint-Hélène, responsable de la « mousson », vent maritime tiède et très humide, de direction sud-sud-ouest. La mousson joue un rôle de masse froide par rapport à l'harmattan. Les deux masses d'air sont séparées par le front intertropical (FIT) qui est la trace au sol de la limite séparant les deux masses d'air. En janvier, le FIT occupe sa position la plus méridionale. A partir de février-mars, il remonte lentement vers le nord et occupe fin août sa position la plus septentrionale qui correspond sensiblement au 20^{ème} parallèle. Au début du mois de septembre, il redescend vers le sud pour rejoindre la position de janvier. Cela met en évidence l'importance capitale de la latitude atteinte vers le nord par le FIT qui détermine 1) le début, la durée et la fin de la saison des pluies, 2) la hauteur des précipitations, 3) la nature même de ces précipitations.

2.1.2.1.3- Humidité relative

Elle exprime la hauteur d'eau en % de la teneur maximale de l'air. Elle chute à moins de 20% en saison sèche (15% en février) et dépasse 60 à 80% pendant la saison des pluies. D'une façon générale, la zone semi-aride a une forte demande évaporative. L'évapotranspiration potentielle (ETP) est en moyenne de l'ordre de 2096 mm en année sèche, 826 mm en année moyenne et 1713 mm en année humide (Roose, 1981).

2.1.2.2- Végétation

La végétation de Réo est typique du secteur phytogéographique soudanien septentrional (Guinko, 1984). C'est une savane dominée essentiellement par des essences protégées telles que : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Andansonia digitata*, *Tamarindis indica*, *Faidherbia albida*... On y rencontre des Andropogonées et de nombreuses espèces sahéliennes sur les sols fortement érodés. De nos jours, sous l'action de l'homme et des

facteurs pédoclimatiques, cette végétation est très dégradée notamment par le fait de surpâturage, des déboisements intensifs, des feux de brousse et de certaines techniques culturales basées sur le défrichement, laissant le sol nu sensible à l'érosion.

Néanmoins la présence de certaines espèces est remarquable soit par ce qu'elles poussent simultanément (Pennisetum), soit par leur importance socio- économique ; il s'agit des espèces comme les karités pour leurs noix, le néré pour ses grains et les Andropogonées pour leurs usages domestiques.

2.1.2.3- sols

Les sols sont essentiellement des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou non issus d'une roche mère granitique (Roose, 1981) surbaissée où domine un long glacis gravillonnaire cuirassé (pente 1 à 2%). Ce glacis s'enfonce graduellement sous un manteau de matériaux sableux en surface, puis argilo-sableux en profondeur (pente inférieure à 1%) avant de disparaître dès que naissent les conditions d'hydromorphie de profondeur. La pente est de 0,7% sur notre site d'étude.

L'analyse du profil montre qu'il est formé de trois groupes d'horizons : 1) un niveau de terre fine argilo-sableuse appauvrie en particules fines sur 20 cm ; -2) une nappe gravillonnaire ferrugineuse localement cuirassée, tassée et peu perméable ; 3) une épaisse nappe d'argile tachetée, semblable à celle des sols ferrallitiques. L'ensemble est très pauvre chimiquement. En particulier les teneurs en matières organiques, N, K échangeable et P assimilable sont très basses. La capacité d'échange des bases est médiocre (2 à 4 méq/100 g de sol) et le taux de saturation diminue de 70% en surface à 30 - 50% en profondeur parallèlement au pH (5,3 à 4,9) (Roose, 1981).

Le milieu physique n'est pas meilleur. En effet, la perméabilité de la masse du profil est médiocre et de plus, la stabilité de la surface est mauvaise dès la surface. Le sol est donc sensible à la battance. La pellicule imperméable qui se forme alors est à l'origine d'un taux de ruissellement très élevé, intolérable dans une zone qui manque cruellement d'eau. La faible épaisseur de terre fine au dessus de la cuirasse (50 cm) limite la réserve hydrique disponible pour les cultures ; sous la cuirasse par contre, se trouve une réserve d'eau importante qui permet aux arbres de rester verts et de porter des fruits en pleine saison sèche mais, à condition que leurs racines réussissent à pénétrer la cuirasse peu perméable.

2.1.2.4- Population et activités agricoles

La population du Sanguié est estimée à 261554 habitants (Annuaire statistique du Burkina, 1999). La densité de la population est la plus élevée au Burkina Faso, 79 habitants /km² (Kessler et Geerling, 1994).

L'agriculture dépend directement de la fertilité naturelle des sols et de leur capacité à régénérer, qui sont généralement malheureusement faibles. Les cultures céréalières sont les plus dominantes. La superficie céréalière totale de la campagne 1999/2000 est estimée à 88525 ha contre 4099 ha pour les cultures de rente (Annuaire statistique du Burkina, 1999). Le rendement moyen du sorgho est de 500 kg/ha. L'exploitation extensive sans amélioration des techniques culturales met en péril la productivité des terres. Il conduit à une régression du temps consacré aux travaux des champs, à la mise en culture des zones marginales et à la dégradation des terres (Kessler et Geerling, 1994). La capacité de charge est largement dépassée dans cette zone, avec pour conséquence une dégradation inquiétante des terres de parcours. La traction animale est limitée par l'absence ou la faible pratique des cultures de rente et par les périodes de sécheresse.

Conclusion

Gampéla et Réo sont des zones assez représentatives des régions semi-arides caractérisées par des aléas climatiques, la dégradation des sols et par un niveau économique relativement bas rendant ainsi difficiles les conditions de vie des populations. Une étude sur la conservation des eaux et des sols est un acte à soutenir car elle permettra de renforcer les connaissances du paysan dans la lutte contre la dégradation des ressources naturelles.

2.2 – Dispositifs expérimentaux

2.2.1 – Dispositif expérimental à Gampéla

Le dispositif expérimental installé à la station expérimentale de Gampéla est un dispositif en bandes complètement randomisées. Il est constitué deux blocs ou répétitions sur lesquels sont assignés trois traitements. Chaque bloc est un carré de 20 m de côté, soit une superficie de 400 m². La bande d'*Andropogon gayanus* est installée à 4,5 m en bas de pente de chaque bloc. Elle a une largeur de 1 m et une longueur de 20 m, soit une superficie de 20 m². Sur chaque bande sont assignés les trois traitements :

- une bande sans coupe : TB0

- une bande avec une seule coupe : TB1

- une bande avec deux coupes : TB2

Chaque traitement a une largeur de 6,66 m et une longueur de 14,5 m, soit une superficie de 96,57 m² (schéma 1). L'amont de la bande de *Andropogon gayanus* de 14,5 m de long est endroit qui porte la culture et les placettes de ruissellement. L'aval de la bande, situé à la base de chaque bloc (bas de pente), de longueur 4,5 m porte les fûts de réception des eaux de ruissellement. Chaque fût a une capacité de 120 dm³. Les placettes de ruissellement au nombre de quatre (4) de 10 m de long et de 0,8 de large, sont installées parallèlement à la pente, pour la mesure du ruissellement. Une des quatre placettes ne traverse pas la bande d'*Andropogon* et constitue le témoin (TSB). Les trois autres placettes traversent la bande et sont installées sur les trois traitements ci-dessus cités. Chaque placette est reliée à trois (3) fûts (barriques) par un conduit souterrain. Les fûts sont placés dans des fosses en aval des bandes d'*Andropogon* pour recueillir les eaux de ruissellement. L'amont de chaque traitement avec une superficie de 96,57 m² est la partie mise en culture. La pente du terrain est environ de 0,7%.

La variété améliorée de sorgho (Sariasso 14) été semée avec une densité de 0,8 m entre les lignes et 0,4 m entre les poquets, soit 288 poquets par traitement. La durée du cycle de cette variété de sorgho est de 110 à 115 jours ; le cycle semis-floraison est de 76 à 82 jours. La variété Sariasso 14 est moyennement photosensible et a un rendement grains potentiel de 5 t/ha. Le rendement grains moyen en milieu paysan est de 1,7 t/ha, soit un gain moyen de rendement par rapport aux variétés locales de + 30%.

Les traitements sont entretenus par un sarclage manuel pendant lequel un démariage en laissant deux (02) plants par poquets a été effectué. Un sarclo-binage est effectué en fin septembre, soit deux (02) mois après semis. La matière organique sous forme de compost à raison de 80 kg/parcelle, soit 2 t/ha a été appliquée avant le semis. Les engrais minéraux ont été apportés sous forme de NPK (12-24-12) à raison de 4 kg/parcelle, soit 100 kg/ha. Le calendrier des principales activités réalisées est consigné dans l'annexe 6.

Selon Bowden (1963), *Andropogon gayanus* est très répandue dans la plupart des savanes tropicales africaines entre les isohyètes 400 et 1500 mm et à une altitude inférieure à 1800 m. Toutefois, son environnement le plus favorable est situé dans les régions de basse altitude inférieure à 900 m dotée d'une pluviosité comprise entre 750 et 1300 mm et d'une saison sèche de plus de trois (3) mois.

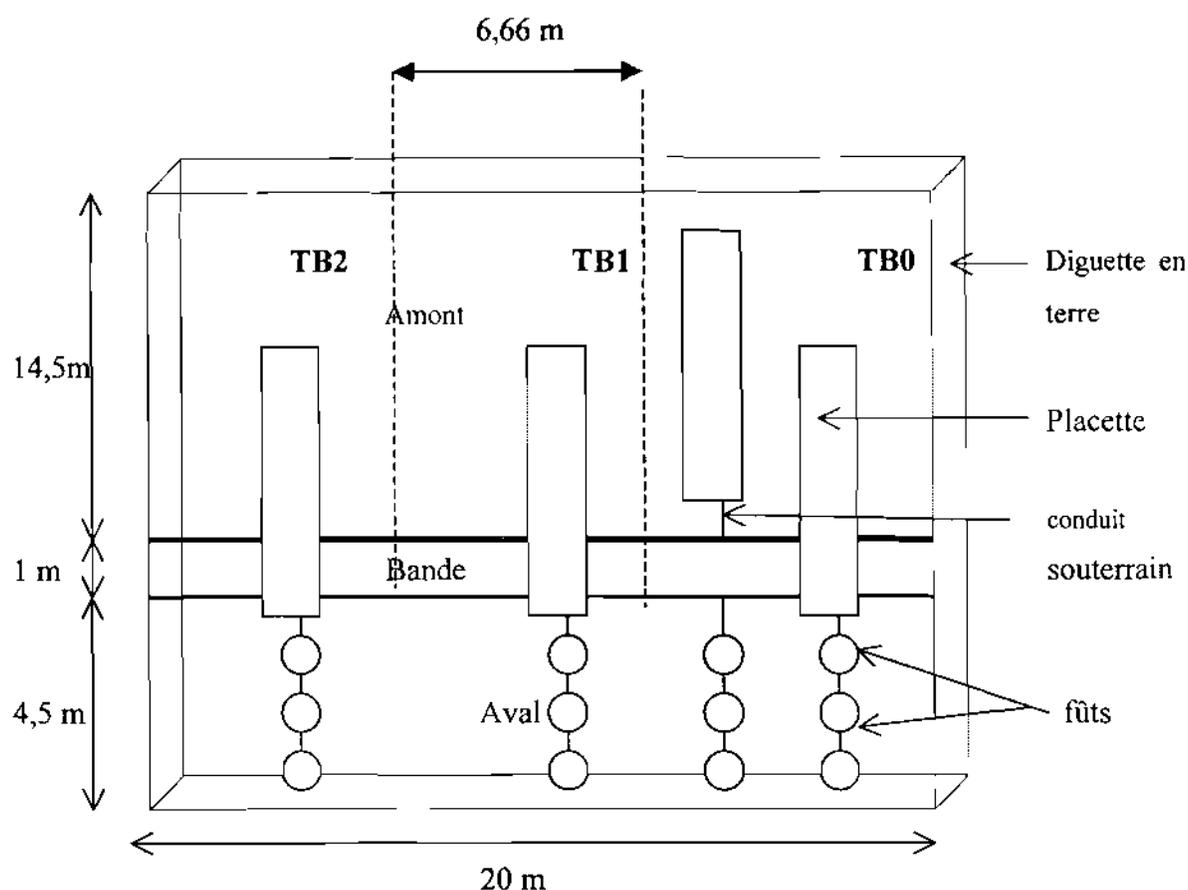


Schéma 1 : Bloc 1 du dispositif expérimental de Gampéla

L'*Andropogon gayanus* colonise les bons sols en régions soudano-sahéliennes. Par ailleurs, divers auteurs (Bowden, 1963 ; Boudet, 1975) lui reconnaissent des propriétés nettoyantes et améliorantes des sols cultivés. L'espèce est très appréciée par les ruminants, surtout à l'état jeune. Les pailles sont utilisées pour la confection et la fabrication d'objets artisanaux. Dans le cadre de notre étude, la plantation en quinconce a été adoptée. La distance entre deux touffes est de 0,25 m.

2.2.2 – Dispositif expérimental à Réo

Le dispositif expérimental en milieu paysan est un dispositif en bandes complètement randomisées avec trois (3) blocs ou répétitions et trois (3) traitements:

- témoin (sans bande d'*Andropogon*) : TSB
- avec bande et sans coupe : TB0
- avec bande et une seule coupe : TB1

Chaque traitement de longueur 20 m et de largeur 10 m, soit 200 m² de surface, comporte deux parties : l'aval situé en bas de pente de longueur 7 m (70 m²) et la partie amont située en haut de pente de 13 m de longueur (130 m²). Les deux parties sont séparées par une ligne d'Andropogon, exception faite au témoin.

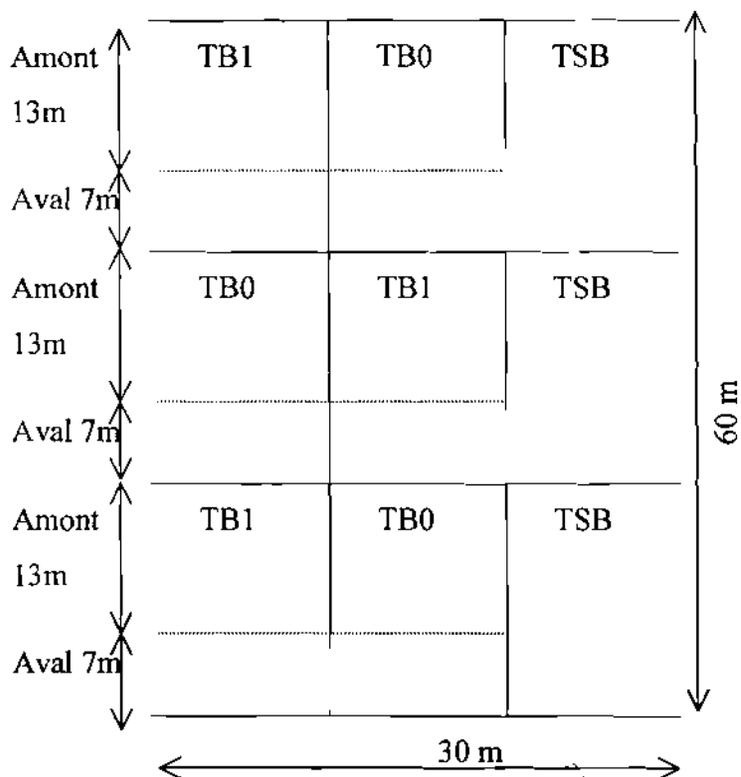


Schéma 2 : Dispositif expérimental de Réo

..... Ligne d'*Andropogon gayanus kunth*

TSB : traitement sans bande ; TB0 : traitement avec bande sans coupe ; TB1 : traitement avec bande coupée une seule fois.

2.3 - Paramètres et méthodes de mesure

2.3.1 – Site de Gampéla

2.3.1.1 - Pluviosité

La pluviosité est mesurée à l'aide d'un pluviomètre à lecture directe.

2.3.1.2- Humidité pondérale

Les prélèvements du sol sont effectués à l'aide d'une tarière dans deux profondeurs (0- 10 cm et 10- 30 cm). L'échantillonnage a été effectué dans chaque parcelle à cinq (5) endroits déterminés : en aval à 1 m de la bande, sur la bande, en amont à 1 m, 6 m et à 12 m de la bande. Les échantillons sont conditionnés dans des boîtes et immédiatement pesés pour obtenir le poids humide ; puis après un séchage à l'étuve (105°C) pendant 24h. Les prélèvements des échantillons de sol ont été effectués aux périodes suivantes : 26 août ; 2, 9 et 16 septembre. L'humidité pondérale (HP) s'obtient par la formule suivante :

$HP = (PH - PS / PS - T) \times 100$ (Albergel et Bernard, 1984) ou

HP = humidité pondérale (%)

PS = poids sec

PH = poids humide

T = poids de la boîte

2.3.1.3- Ruissellement et infiltration

Le ruissellement est quantifié à l'aide des quatre placettes placées en amont des bandes d'Andropogon. Ces placettes sont entourées de tôles enfoncées à 10 cm dans le sol avec une hauteur de 10 cm au-dessus du sol. Un conduit souterrain relie les placettes aux fûts de réception des eaux ruisselées par les différentes placettes. Le taux de ruissellement est calculé à partir de la quantité d'eau recueillie par les fûts placés en aval des bandes enherbées. L'eau collectée après chaque pluie ayant occasionnée un ruissellement, est vidée manuellement et mesurée. Les matériels utilisés pour le vidage sont un seau de 12 litres et un gobelet d'un litre.

De cette mesure, l'infiltration (I) est déduite du ruissellement (R) et des précipitations (P) en considérant l'évaporation comme nulle et la détention superficielle comme l'infiltration par :

$I = P - R$ (mm)

2.3.1.4 - Propriétés chimiques du sol

Les prélèvements d'échantillons de sol dans l'horizon 0-15 cm vers la fin du cycle de la culture ont été effectués pour des analyses au laboratoire. L'échantillonnage a été effectué dans

cinq (5) endroits par traitement : en aval à 1 m de la bande enherbée ; sur la bande ; en amont à 1 m, 3 m et 12 m de la bande. Les paramètres suivants ont été pris en compte dans l'analyse au laboratoire sol-eau-plante de Kamboinsé : N total, P assimilable, K, C, MO (%), C/N et le pH (eau et KCl). Les méthodes d'analyse sont mentionnées en annexe, n°1, 2, 3, 4 et 5.

1.3.1.5 – Croissance du sorgho et d'*Andropogon gayanus*

La croissance du sorgho et de la bande d'*Andropogon* est examinée par la mesure à chaque trois jours de la hauteur des plants. Elle est mesurée à l'aide d'un ruban gradué de 3 m du pied de la plante jusqu'au sommet de la feuille la plus haute. Ainsi 10 endroits par traitement sont concernés pour la mesure de la taille du sorgho. Ce sont les 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème}, 5^{ème}, 7^{ème}, 9^{ème}, 11^{ème}, 13^{ème}, 15^{ème} et 17^{ème} lignes. Pour l'*Andropogon gayanus*, cinq pieds sont choisis au hasard par traitement pour la mesure de la hauteur de la touffe et du nombre de talles.

2.3.1.6 - Biomasse racinaire

L'enracinement des plantes est caractérisé par la mesure des masses racinaires de la couche de 0 à 50 cm. La méthode de mesure utilisée est celle des prélèvements globaux. Elle consiste à couper un monolithe de surface 100 cm², le poquet de la plante se trouvant au centre de celle-ci. Les racines contenues dans ce monolithe sont extraites sur place par lavage à l'eau sur un tamis fin. Les racines ainsi recueillies sont séchées au soleil jusqu'à un poids constant, avant d'être pesées. Les points échantillonnés par traitement sont de 1 m, 3 m et 6 m de la bande d'*Andropogon gayanus*.

2.3.1.7 – Radiation solaire

Le but de cette mesure est de comparer l'interception de la lumière par les bandes à travers leur mode de gestion. Pour des raisons de moyens matériels, la mesure a été effectuée après la récolte de la culture. Les mesures ont été effectuées les 6, 7, 8 novembre 2001 dès le lever du soleil jusqu'à son coucher pour chaque traitement. Elles sont faites à l'aide d'un appareil logger DL 2 e data (Delta T Devices Ltd, UK) munis de quatre (4) senseurs quantiques de type DRP-1B (Didcot Instrument Co. Ltd, UK). Les senseurs quantiques sont disposés sur des briques perpendiculairement au soleil à 0,5 m, 4 m, 8 m et 12 m en amont de la bande d'*Andropogon gayanus*. Un niveau à eau a été utilisé pour s'assurer que la position des briques est bien perpendiculaire à la position du soleil. Les senseurs quantiques mesurent la radiation de la lumière arrivant au sol à une minute d'intervalle mais ce sont les valeurs moyennes à toutes les

10 minutes qui sont stockées dans le logger DL 2 e data et récupérées ensuite à l'aide d'un ordinateur.

2.3.1.8 - Rendements du sorgho

En fin de cycle (110-115 jours), les tiges du sorgho sont coupées au ras du sol et les panicules coupées. La récolte a été faite par ligne et par traitement le 5 novembre 2001, soit le 115^{ème} jour après semis. Après séchage au soleil jusqu'à un poids constant, les grains sont séparés des panicules par battage et pesés.

La production de la paille est évaluée par la somme de la masse des panicules vides et celle des tiges séchées. Le rendement grains est obtenu par le pesage des grains.

2.3.1.9 – Biomasse de la bande enherbée

La quantification de la biomasse aérienne des bandes est effectuée à la récolte. Les bandes sont coupées au ras du sol à l'aide d'une fauchette à la fin de la croissance (stade épiaison), puis séchées et pesées. La dernière coupe a eu lieu le 10 novembre 2001. A cela, s'ajoute la biomasse des différentes coupes réalisées pendant la phase de culture. La première coupe a eu lieu le 28 août et la seconde le 22 septembre, soit un rythme de coupe de 25 jours.

2.3.2 – Site de Réo

2.3.2.1 – Humidité pondérale

Des échantillons de sol dans chaque parcelle à onze (11) endroits déterminés : en aval à 1 m, 2 m, 4 m, et 6 m de la bande ; sur la bande ; en amont à 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 6 m et à 12 m de la bande, sont prélevés à l'aide d'une tarière à différentes profondeurs (0-10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 40 cm). Trois mesures ont été faites à différentes périodes : 28 août 2001, 11 septembre 2001 et le 25 septembre 2001. La méthode de calcul est la même que celle utilisée en station de Gampéla.

2.3.2.2 – Croissance du sorgho

La croissance du sorgho est examinée par la mesure de la hauteur des plants à l'aide d'un ruban gradué de 3 m du pied de la plante jusqu'au sommet de la feuille la plus haute. Ainsi 10 endroits par traitement sont concernés pour la mesure de la taille du sorgho : en aval à 1 m, 2 m, 4 m et 6 m de la bande ; en amont à 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 6 m et 12 m de la bande. Trois plants

par endroit choisis sont mesurés, et la moyenne des trois plantes représente la moyenne de la ligne à la date de mesure correspondante.

2.3.2.3 – Rendement du sorgho

En fin de cycle, les tiges du sorgho sont coupées au ras du sol et les panicules coupées. La récolte a été faite par ligne dans dix endroits : en amont à 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 6 m et 12 m de la bande ; en aval à 1 m, 2 m, 4 m et 6 m de la bande et par traitement le 5 novembre 2001. Après séchage au soleil jusqu'à un poids constant, les grains sont séparés des panicules par battage et pesés. La production de la paille est évaluée par la somme de la masse des panicules vides et celle des tiges séchées. Le rendement grains est obtenu par le pesage des grains.

2.4 - Traitement et analyse des données

Les logiciels de base STATITCF et Excel ont été utilisés pour le traitement des données. L'analyse statistique a concerné l'étude de la variance entre les points échantillonnés et les traitements. Un test de comparaison des moyennes est effectué lorsque la différence est significative entre les paramètres observés. Le seuil de 5% a été retenu pour le test de Student-Newman-Keuls. Cette analyse a concerné les propriétés chimiques du sol, les rendements du sorgho et la biomasse racinaire du sorgho.

Chapitre III

Résultats et Discussions

3.1 – Station de Gampéla

3.1.1 - Pluviométrie

Le régime pluviométrique de Gampéla est caractérisé par des variations inter-mensuelles (figure 2). La moyenne de ces dix dernières années est de 750 mm. Une tendance à la baisse a été également observée. Les pluies constituent un des facteurs déterminants le plus important dans l'étude du ruissellement. Mais, elle constitue aussi dans nos régions la source principale en eau des plantes cultivées. Dans notre cas, il s'agira de voir comment les différents processus étudiés se manifestent par rapport au contexte pluviométrique.

3.1.1.1 – Caractérisation de l'hivernage 2001

La saison hivernale 2001 a été déficitaire par rapport à la moyenne pluviométrique de la zone (750 mm) et par rapport à celle de l'année précédente (827 mm). En effet, la quantité d'eau tombée dans la station de Gampéla est de 563 mm, soit un déficit de 30% par rapport à la pluviométrie moyenne. Elle constitue la pluviométrie minimale enregistrée au cours des dix dernières années. A ce déficit, s'ajoutent les pertes d'eau par ruissellement accentuant ainsi les pertes d'eau pour les plantes cultivées.

Le mois de mai a connu trois pluies moyennes, l'une dans la première décennie du mois (10 mm) et les deux autres dans la troisième décennie (18 et 13 mm). On note un trou de sécheresse allant du 6 mai au 26 mai, soit 20 jours. Cependant ces pluies bien qu'espacées dans le temps ont permis au sol de retrouver une certaine humidité nécessaire au démarrage de l'activité biologique du sol et de la repousse des herbacées.

Au cours du mois de juin, la pluviométrie obtenue est de 81 mm répartie en quatre pluies de 10 à 27 mm. Cela a retardé le démarrage de la campagne agricole. La préparation du sol et le semis ont été retardés et ce jusqu'au 13 juillet car les pluies étaient faibles et espacées dans le temps. La bonne distribution des pluies en juillet a permis une bonne infiltration et un développement satisfaisant des cultures. Le cumul pluviométrique à la fin du mois est de 159 mm répartis en neuf pluies. Le mois d'août a connu une poche de sécheresse dans la première décennie où il n'est tombé aucune pluie. Les deux dernières décennies ont été très pluvieuses. On note par exemple, dans la troisième décennie trois fortes pluies (40, 43, et 42 mm). Dans le courant du mois de septembre, on a assisté à une baisse des hauteurs des pluies avec cependant une bonne répartition dans le temps. Le mois d'octobre n'a enregistré qu'une seule pluie de 4,5

mm en début du mois. Malheureusement la période sèche qui s'en est suivi a coïncidé avec l'épiaison des cultures, ce qui a considérablement affecté le remplissage des grains. Dans l'ensemble, la pluviosité a été médiocre du point de vue quantitatif mais elle a cependant été régulière et bien répartie en juillet, août et septembre. Ceci a permis aux cultures de rattraper un temps soit peu le retard accusé en début de campagne.

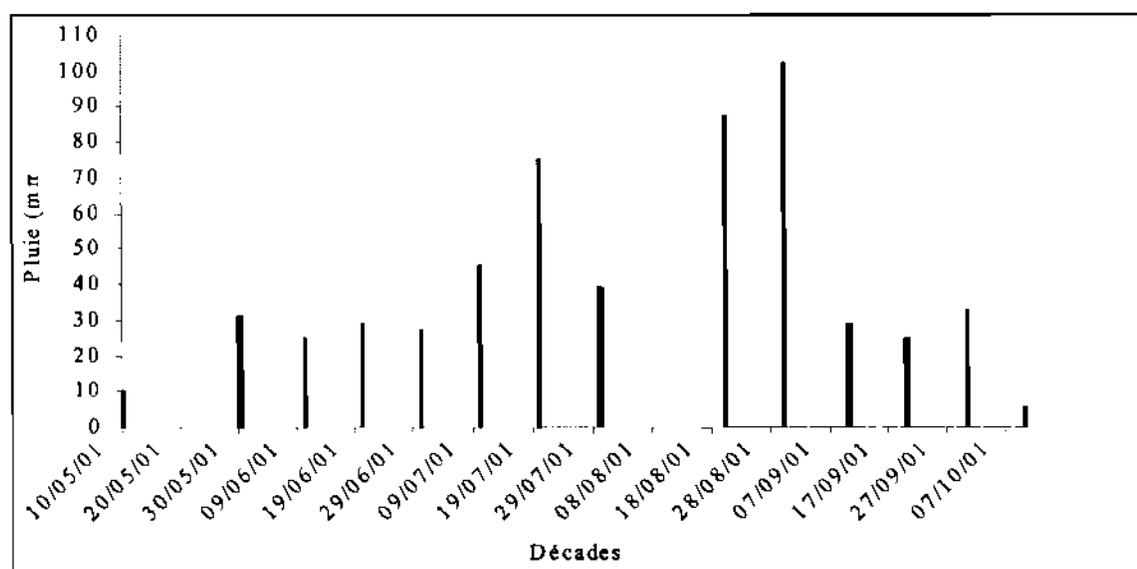


Figure 2 : Pluviosité décadaire de Gampéla année 2001

3.1.1.2 – Précipitations

La répartition annuelle (figure 2) permet de distinguer trois groupes de pluies. Un premier groupe de pluies inférieures à 10 mm est observé dans les deux dernières décades de septembre (fin de campagne). Elles sont au nombre de huit. Le deuxième groupe est constitué de pluies relativement importantes dont la hauteur est comprise entre 10 et 20 mm (ce sont les plus nombreux : 18). Elles sont capables de provoquer un ruissellement important surtout lorsqu'elles surviennent avec une grande intensité ou lorsque leur fréquence est élevée dans le temps. Le troisième groupe de pluies correspondent aux pluies supérieures à 20 mm (9 phases). C'est au cours de ces événements pluvieux que le ruissellement est plus important.

Mais, la bonne répartition des pluies dans les mois de juillet, août et septembre (Figure 2) a favorisé une bonne infiltration de l'eau dans le sol. Les réserves d'eau constituées en ces périodes ont permis aux plantes de poursuivre leur cycle de développement (remplissage des grains, maturation) malgré l'arrêt brusque des pluies enregistré en octobre.

3.1.2 - Croissance du sorgho

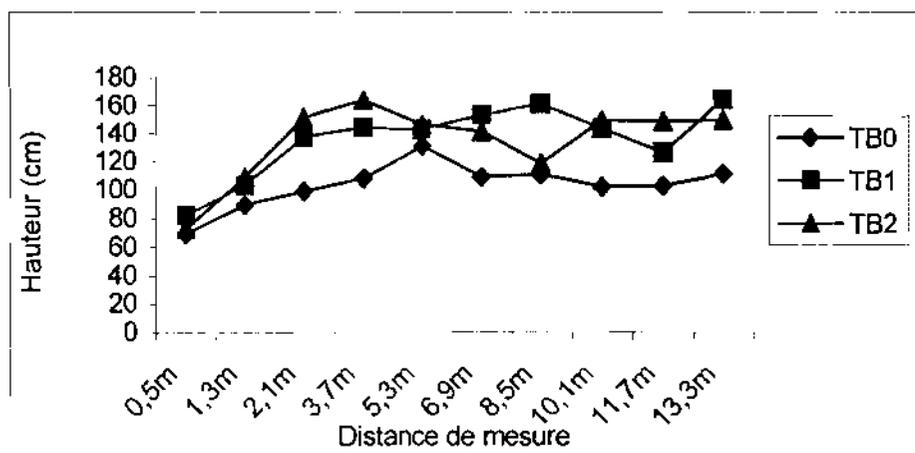


Figure 3 : Croissance du sorgho par traitement et par distance à la date du 24/09/01

NB : TB0 : traitement avec bande sans coupe; TB1 :traitement avec bande soumise à une coupe ; TB2 : traitement avec bande soumise à deux coupes

La figure 3 traduit l'évolution de la croissance du sorgho en fonction de l'emplacement par rapport à la bande. Elle montre que la bande a une influence sur la croissance des plantes situées à sa proximité immédiate. En effet, la croissance la plus faible est observée sur la première ligne du sorgho à 0,5 m de la bande, et ce, dans tous les traitements. Cependant la zone d'influence des bandes est fonction des traitements. Elle est située entre 0 et 4 m pour le témoin (sans coupe, TB0) et est réduite à 0 – 2 m pour les traitements TB1 et TB2. Ainsi donc, l'influence des bandes sur les cultures situées à proximité est fonction de la hauteur et de la densité des bandes. Au-delà des zones d'influence ci-dessus citées, la hauteur du sorgho croît dans tous les traitements mais avec une certaine variabilité en fonction des points échantillonnés. Cette variabilité spatiale peut être liée à la variabilité de la disponibilité de l'eau dans le sol, dépendante elle-même de la pluviosité. Elle dépend également de la redistribution des eaux à la surface du sol par le ruissellement.

Dans la zone d'influence des bandes, le résultat de la coupe des bandes est nuancé entre les traitements (TB1>TB2>TB0). La croissance est plus forte là où on a coupé une fois par rapport à deux coupes. Les dures conditions subies par les plantules en début de campagne pourraient justifier le faible développement des plantes dans cette zone. En effet, dès le semis (13 juillet), on a assisté à une augmentation des fréquences et des hauteurs des pluies qui ont occasionné des humidités très élevées et constantes pendant deux semaines au pied des bandes. Les plantules

situées à proximité ont subi les effets de l'excès d'eau et l'ombrage des bandes. Il en résulte une mauvaise croissance et développement des plantules.

Des résultats similaires ont déjà été observés par de nombreux auteurs. Maïga (1987) souligne la limitation de la croissance des cultures sous les houppiers des arbres occasionnant une production faible malgré le taux d'humidité et les éléments nutritifs élevés sous les arbres. Une étude menée par Ngaye (2000) sur le même site d'étude que le nôtre a abouti au même résultat. Cet effet dépressif dû essentiellement à l'effet ombrage (Mayus, 1999) peut être attribué à la faible porosité et à la forte densité apparente observée entre 0 et 4 m en amont de la bande relative à la collecte et au dépôt des sédiments et dont les effets tendent à augmenter la résistance à la pénétration du sol (NGaye, 2000 ; Mando *et al.*, 2000).

La taille des bandes à 10 cm au-dessus du sol semble améliorer la vitalité et réduire l'effet ombrage sur les cultures annuelles mais son efficacité dépend de la date de coupe. L'influence des bandes est plus marquée au début de la campagne. En effet, selon Breman *et al.* (1991) le début de la croissance des plantes pérennes est un processus hétérotrophe : pour la formation des repousses, elles utilisent leurs propres réserves nutritives. Avec leurs systèmes racinaires encore intacts, elles sont aussi moins sensibles que les plantes annuelles aux sécheresses au début de campagne. Par conséquent elles atteignent la phase de croissance linéaire plutôt que les plantes annuelles. Après la germination, la vitesse de croissance de la culture dépend de la vitesse de réduction du CO₂ en glucides au cours du processus d'assimilation. Elle est une fonction croissante de l'énergie disponible (intensité du rayonnement)(Penning de Vries et Djitéye, 1982 ; De Ridder *et al.*, 1982). Les graminées croissant plus vite que les cultures annuelles, une réduction de la lumière est donc très préjudiciable aux plantes qui ont particulièrement besoin de la lumière pour l'élaboration de nouvelles feuilles, tiges et racines car à ce stade l'entretien de la plantule reste faible.

En somme, l'effet de la coupe des bandes n'est pas perceptible. Cela est peut être dû au retard enregistré dans la réalisation du semis ; la date optimum du semis de la variété du sorgho Sariasso 14 étant de 10 juin au 10 juillet. Aussi, la période de coupe peut être inadaptée (un mois et demi après semis). Les cycles d'humectation-déssiccation en favorisant la formation des croûtes en amont des bandes, rendent difficiles les conditions d'enracinement des cultures ; ce qui limite la croissance des plantes.

3.1.3 – Influence de l'intensité de la coupe sur la productivité des bandes d'*Andropogon gayanus* Kunth

Andropogon gayanus est l'une des meilleures graminées fourragères vivaces des régions soudano-sahéliennes, en raison de sa haute productivité, de son excellente adaptation à la longue saison sèche, de sa vaste aire de répartition géographique et de la valeur nutritive de ses repousses (Dieng *et al.*, 1991 ; Buldgen et Dieng, 1997). Elle est en voie de raréfaction dans la zone étudiée et sa réinstallation pourrait représenter une alternative de remplacement avantageux non seulement des cultures fourragères mais aussi comme structure anti-érosive. L'effet ombrage de la bande agit négativement sur la croissance des cultures situées à proximité.

3.1.3.1 – Croissance de l'*Andropogon gayanus* Kunth

Le suivi de croissance est représenté sur la figure 4. La Courbe d'évolution de la hauteur montre une tendance à la baisse de la croissance en fonction des traitements. En effet, la hauteur moyenne après la floraison est de 2,575 m pour le témoin TB0 (sans coupe), 1,895 m pour TB1(une coupe) et 1,24 m pour TB2 (deux coupes). La courbe indique également clairement deux phases distinctes : 1) une première phase où la croissance de TB1 et TB2 est similaire mais faible par rapport à celle du témoin. Cette phase correspond à la période de la première coupe. Au cours de cette phase, l'activité des plantes coupées est dirigée essentiellement vers la production de nouvelles repousses, de tiges, de feuilles et de racines car l'entretien des repousses est faible. Cela entraîne une baisse de la croissance. 2) la deuxième phase correspond à la deuxième coupe réalisée sur TB2 uniquement. Elle marque le décalage entre les deux courbes avec une tendance à la baisse pour TB2 dont la croissance a été perturbée par la deuxième coupe. Dans cette période, la croissance a été plus spectaculaire pour TB1 par rapport au témoin où la croissance est presque constante (fin de cycle). Ainsi, la coupe augmente la vitalité de la plante et sa durée de croissance.

La diminution de la croissance par rapport au témoin est faible pour TB1, soit une différence de 0,68 m. Par contre la croissance du TB2 est réduite de plus de la moitié, soit 1,335 m. Cette forte réduction de la croissance de TB2, sans doute due à l'intensité de l'exploitation, peut être également attribuée à l'épuisement du sol en éléments nutritifs (Cissé et Breman, 1976). Sawadogo (1990), dans la même zone d'étude avait aussi observé la diminution de la croissance au fur et à mesure que les coupes s'effectuaient dans le temps. Il faut noter cependant

que la coupe des bandes en réduisant la croissance favorise la production de repousses très feuillues.

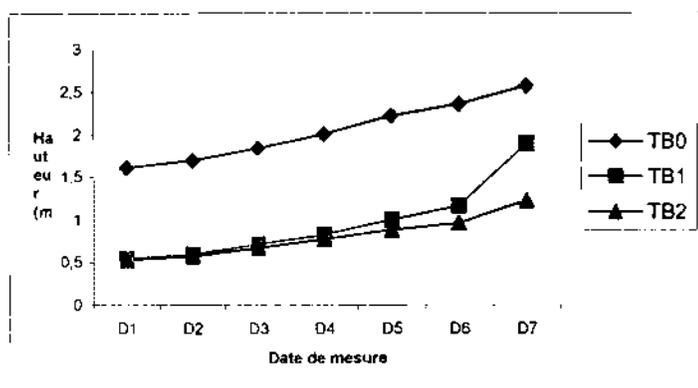


Figure 4 : Croissance de *Andropogon gayanus* Kunth par traitement

3.1.3.2 – Tallage

La courbe d'évolution du tallage est observée sur la figure 5. On remarque que l'exploitation des bandes favorise la production de repousses. Ainsi, à partir de 54,2 talles en moyenne en début de campagne, le témoin a atteint 61 talles à la floraison, soit une production de 7 talles/mois. En revanche, la production moyenne est de 11,5 talles/mois pour TB1 et 8 talles/mois pour TB2. La même tendance a été observée par Sawadogo (1990). Cet auteur indique qu'une coupe effectuée à la montaison induit un fort tallage. De même, Cissé et Breman (1976) remarquent qu'une coupe de *Andropogon gayanus* en début de campagne donne lieu à des repousses plus importantes alors qu'en fin de croissance celles-ci sont relativement faibles compte tenu d'un épuisement progressif des réserves nutritives du sol. Comme dans notre cas, Hiernaux et Turner (1995) cités par Achard *et al.* (2001) soulignent que l'impact d'une coupe unique avant la montaison favorise un fort tallage.

Des cas de mortalité ont été observés au niveau de certaines touffes surtout dans le témoin et dans une moindre mesure sur les autres traitements. En effet, les talles qui atteignent la montaison étouffent celles qui sont en bas.

Après la floraison, on a assisté à une reprise du tallage due à la levée de l'inhibition induite par les tiges florifères sur le tallage au premier cycle de végétation en plus de certaines talles végétatives. Cela permet à la plante de se maintenir longtemps verte après les pluies. Le système racinaire bien développé exploite les réserves d'eau encore disponibles. Bowden (1963) souligne que l'usage de l'eau en profondeur par *Andropogon gayanus* est facilité grâce aux

racines verticales et que celles des couches superficielles permettent à la plante de profiter des premières pluies.

Mais nous avons remarqué que la majorité des talles du TB2 et des talles de deuxième génération n'arrivent pas à la montaison. Elles restent à l'état végétatif et sont très feuillues. Cela constitue un facteur favorable à la protection du sol contre l'agressivité des pluies. En effet, l'intensité de la fauche réduit la hauteur des talles mais favorise un développement des repousses végétatives très feuillues, entraînant une bonne couverture du sol. La couverture du sol est très importante dans le cadre de la conservation des eaux et des sols. En revanche, pour la confection d'objets artisanaux, ce sont plutôt les tiges bien développées au moment de la floraison qui sont utilisées (Le Mire Pecheux, 1995). Dans ce contexte, une coupe unique permettrait de répondre aux deux objectifs (fonction de protection et fonction d'usage domestique) vue les conditions agro-climatiques de la zone d'étude.

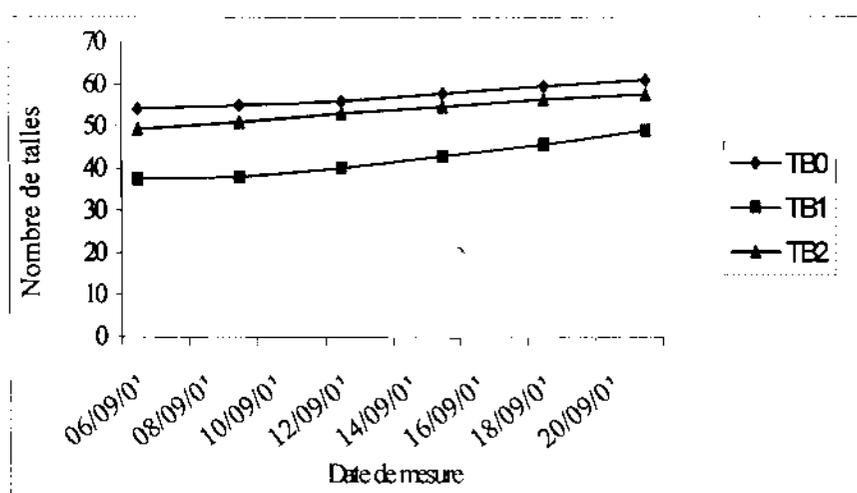


Figure 5 : Tallage de *Andropogon gayanus* Kunth par traitement

3.1.3.3 – Production de biomasse

La biomasse est obtenue par la production cumulée de repousses après les coupes. Les résultats sont consignés dans tableau 1. La production moyenne totale est de 9759,76 Kg MS /ha pour TB0, 6156,16 Kg MS /ha pour TB1 et 5855,85 Kg MS /ha pour TB2. Ainsi, la production diminue avec la coupe. Mais il n'y a pas de différences significatives entre TB1 et TB2. Cependant la production du témoin est très élevée par rapport aux deux autres traitements.

Tableau 1 : Production cumulée de biomasse d'*Andropogon gayanus* Kunth : kg MS /ha /an

| Traitement | 1 ^{ère} coupe | 2 ^{ème} coupe | Dernière coupe | Production totale (Kg MS / ha) |
|------------|------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------------|
| | 28/08/01 | 22/09/01 | 9/11/01 | |
| TB0 | - | - | 9759,76 | 9759,76 |
| TB1 | 3603,6 | - | 2552,55 | 6156,16 |
| TB2 | 4204,2 | 1051,05 | 600,6 | 5855,86 |

Ces résultats sont en conformité avec ceux de nombreux auteurs (César, 1992 ; Achard, 1993 ; Hiernaux *et al.*, 1995 cités par Achard *et al.*, 2001 ; Sawadogo, 1990). Ainsi, dans notre zone étude, Achard (1993) en appliquant des rythmes de coupe de 20, 30, 40 et 60 jours sur une jachère à *Schizachyrium exile* et *Andropogon pseudapricus*, observe que la production des repousses représente 40 à 73% de la phytomasse maximale, selon le rythme de coupe. Hiernaux *et al.* (1995) ont montré que les coupes effectuées à des intervalles de 15 et 30 jours, en année de bonne pluviométrie, conduisaient à une perte de production qui s'élève respectivement à 50% et 25% de la production du témoin non exploité. En zone soudano-guinéenne, César (1992), sur des jachères à graminées vivaces, s'est livré à de nombreux essais de rythme d'exploitation. Il en conclut que :

- le rythme de 25 – 35 jours, ne semble pas convenir aux jachères à *Andropogon gayanus* dont la production régresse rapidement ;
- dans l'ensemble, la biomasse maximale est toujours supérieure à la somme des repousses, la biomasse de 60 jours ne se différenciant pas de celle des repousses de 30 jours du moins en première année ;
- la production des repousses de deuxième année est inférieure à celle de la première année.

La production de cette graminée dépend donc du mode d'exploitation, en particulier de l'intensité de pâture ou de coupe en saison des pluies. Dans la même zone de notre étude (Gampéla), une production de 9 t MS/ha a déjà été obtenue par (Sawadogo, 1988 ; Sawadogo,

1990). Mais, Zounou (1987) et Sana (1991) ont obtenu une production de l'ordre de 3t MS /ha sur des jachères naturelles. La production fourragère varie en fonction des régions, des régimes pluviométriques et de la distribution des eaux de ruissellement. Dans notre cas, la bonne production dans les différents traitements peut être attribuée à l'amélioration de la structure du sol sur les bandes et à l'aptitude de ces sols à absorber le ruissellement venant de l'amont d'une part, et à l'apport de fertilisant d'autre part. En effet, *Andropogon gayanus* répond bien à la fertilisation minérale (Bowden, 1962).

Il ressort de cette étude que *Andropogon gayanus* a une capacité de repousse très importante, et donc une production très élevée. La coupe réduit considérablement la production de *Andropogon gayanus*. L'intensité de la fauche limite la croissance mais favorise un développement de talles très feuillues protégeant le sol contre les agents de dégradation des sols.

3.1.4 – Impact des bandes d'*Andropogon gayanus* Kunth sur l'humidité du sol

Le taux d'humidité du sol dans les parcelles évolue dans son ensemble selon le régime pluviométrique. Elle est constamment réduite en période sèche et augmente significativement pendant la période des grandes pluies. La figure 6 illustre l'évolution du taux d'humidité du sol en fonction de l'influence des bandes. Le taux d'humidité le plus élevé est observé sur les bandes quelles que soient les périodes de mesure. En amont des parcelles, l'humidité est relativement constante entre les points échantillonnés. Toutefois elle subit une légère baisse à 12 m de la bande. La diminution observée en haut de pente (12 m) est le résultat du ruissellement qui mobilise l'eau des hauts de pente vers les bandes. En aval, l'humidité est la plus faible. Cet endroit est fortement encroûté du fait de l'absence de la végétation (sol nu) et du piétinement des hommes. Le stock d'eau dans le sol est plus élevé pendant les périodes humides (20%) et chute à moins de 10% pendant les périodes sèches. La distribution de l'eau en amont des parcelles est relativement homogène. Elle varie très peu entre les deux profondeurs de mesure. Cela traduit une bonne infiltration de l'eau en amont des parcelles. Cette convergence des résultats peut être expliquée par la faible pente (0,7%) et de la bonne distribution des pluies durant toute la campagne.

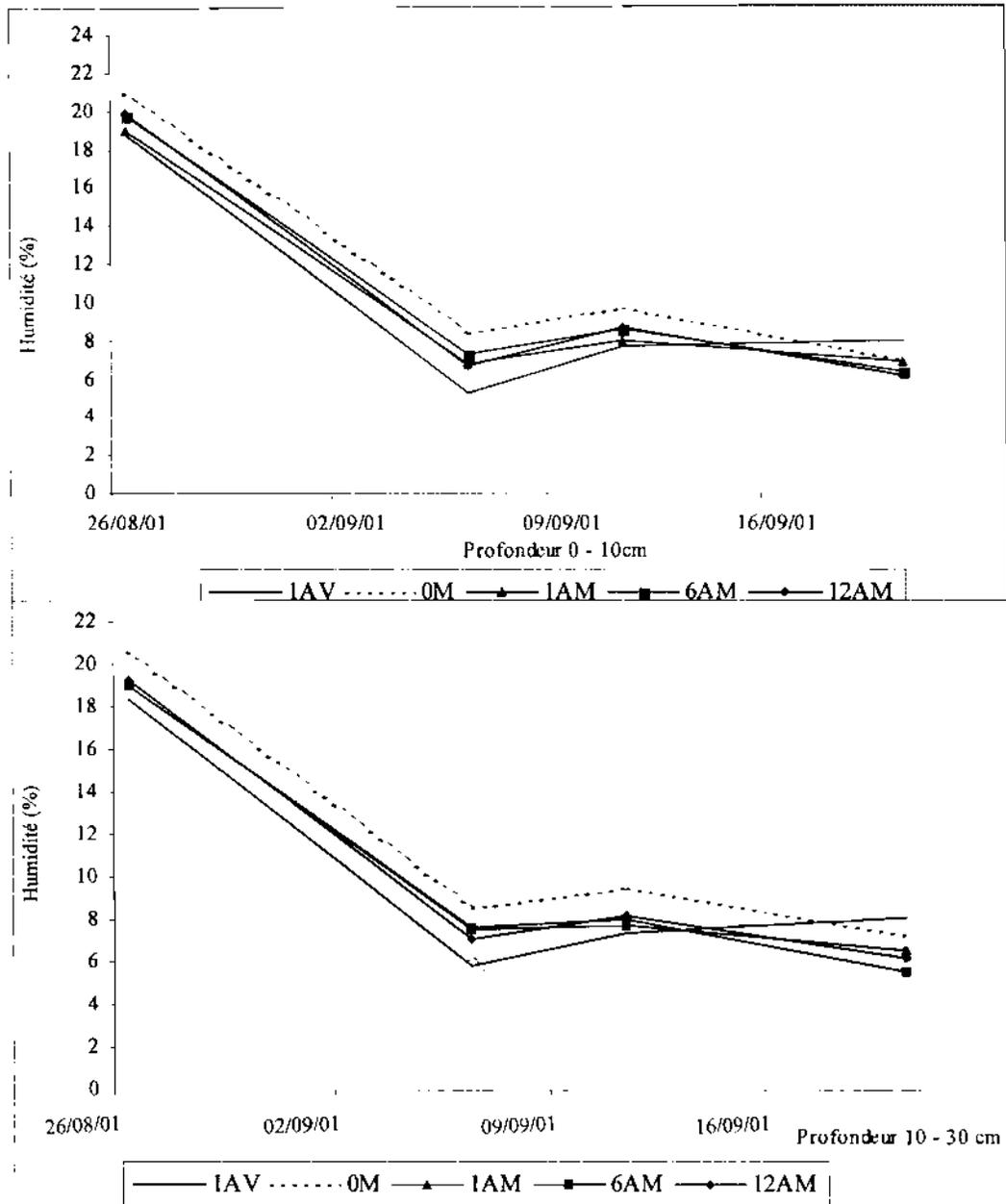


Figure 6 : Humidité pondérale de Gampéla en fonction du temps

NB : 1AV : 1 m en aval de la bande; 0M : bande ; 1AM, 6AM et 12AM sont les distances en mètre en amont de la bande.

La bande d'*Andropogon gayanus* par son système racinaire assez développé pendant l'hivernage, permet la redistribution de l'eau au niveau de la bande par drainage rechargeant le stock de la zone de 0 à 2,5 m. Mais la diminution du taux d'humidité par rapport à celle de la bande dans cette zone s'expliquerait par le dépôt de sédiments qui réduit la porosité du sol (Ngaye, 2000).

Ces résultats sont concordants avec ceux obtenus par d'autres auteurs dans la même zone d'étude. En effet, Kiepe (1995) et Mayus (1999) attribuent l'amélioration de l'humidité du sol sur les bandes à l'effet du système racinaire de l'*Andropogon gayanus*. Le système racinaire des *Andropogon gayanus* ou d'autres graminées améliorent la conductivité hydraulique saturée des sols et donc leur infiltration. De même, Mando *et al.* (1999) indiquent que les bandes améliorent la disponibilité de l'eau du sol de près de 15% par rapport au témoin, mais que plus de 37% du stock d'eau de la parcelle se trouve concentrer dans la section (4 m de large) en amont de la bande en incluant celle-ci. Les autres 60% se répartissent de façon décroissante vers les sections amont et aval de la parcelle. Masse *et al.* (1995) montrent que les bandes alternées permettent une plus grande amélioration des réserves hydriques ainsi qu'une augmentation de la profondeur d'humectation de 20 à 40 cm. Ainsi, les bandes même coupées maintiennent leur aptitude à absorber les eaux de pluies et les eaux de ruissellement venant de l'amont grâce à leur système racinaire maintenu intact. Une coupe des bandes peut donc être envisagée en vue de réduire l'effet ombrage induite par le développement important des bandes sans influencer sur le stockage de l'eau.

3.1.5 – Influence de la coupe des bandes d'*Andropogon gayanus* Kunth sur le ruissellement et l'infiltration

Les délais d'installation des dispositifs de mesure ont retardé la collecte des données. Le taux de ruissellement calculé sur chacune des quatre placettes a permis de déterminer après chaque pluie, un taux de ruissellement moyen pour chaque traitement à partir du nombre de pluies pour lesquelles les mesures ont été effectuées. Les résultats obtenus montrent que le ruissellement des traitements avec ou sans coupes est relativement peu différent. En effet, le taux de ruissellement moyen annuel est de 21,85% pour TB0, 22,05% pour TB1 et 18,95% pour TB2 contre 33,04% des pluies tombées pour le témoin (sans bande). Ainsi, le mode de gestion des bandes à travers une ou deux coupes n'a pas d'effet sur le ruissellement. Avec leurs grands systèmes racinaires encore intacts, elles sont aussi aptes pour absorber le ruissellement. L'aptitude des bandes à absorber le ruissellement a été déjà observée par de nombreux auteurs (Roose, 1971 ; Masse *et al.*, 1995 ; Mando *et al.*, 1999 ; Fournier *et al.*, 2000 ; NGaye, 2000). Selon Roose (1971), les pertes en eau par ruissellement sont minimisées sur des parcelles cloisonnées à base de bandes d'arrêt (enherbées ou arbustives) en courbe de niveau de 20 m. Mando *et al.* (1999) ont obtenu dans notre zone d'étude une réduction du ruissellement en moyenne de 10% avec un coefficient moyen annuel sous *Andropogon gayanus* de 20% contre

25% hors de l'influence des bandes. Nos résultats sont concordants avec ces résultats. Sur des parcelles constituées de plusieurs états de surface, Fournier *et al.* (2000) montrent également la très faible aptitude au ruissellement des jachères à *Andropogon* mises en défens, d'une part, et leur forte capacité d'absorption du ruissellement entrant, d'autre part. L'amélioration de l'infiltration de l'eau est attribuée à l'amélioration de la structure du sol sous les bandes grâce à l'activité racinaire. Les pores tubulaires construits progressivement par les vers de terre et les termites augmentent également la porosité du sol, et donc l'infiltration de l'eau.

Dans les parcelles, l'aménagement est très efficace et conserve beaucoup d'eau. On peut donc craindre que la réserve d'eau à proximité des bandes soit supérieure à ce que peuvent utiliser les rares plantes présentes. Il est donc nécessaire que la bande soit coupée au moins une fois pour permettre une évaporation rapide de l'excès d'eau. Nous avons observé que les bandes coupées ne couvrent pas totalement le sol. Celui-ci se dessèche rapidement par rapport au sol couvert par les bandes sans coupe. Cela favorise l'infiltration de l'eau. En effet, le ruissellement augmente avec l'état d'humectation initiale du sol. Il est plus important sur un sol humide que sur un sol sec (Eimbeck, 1989-1990). On peut donc dire que l'influence de la coupe des bandes sur le ruissellement en amont est sensiblement la même que celle des bandes sans coupe (figure 7). Mais la coupe, en réduisant le stockage de l'eau (eau de ruissellement) à travers une évaporation plus intense (vent, lumière, température) constitue un facteur favorable au développement des cultures. Cela éviterait la concentration d'eau pendant longtemps au pied des bandes lors des périodes de grandes pluies observée par NGaye (2000) sur les mêmes parcelles d'étude.

Il faut noter cependant, que le ruissellement est influencé par de nombreux facteurs notamment les variations des précipitations, le changement de la couverture végétale, l'évolution des états de surface. Zougmoré (1991) a en effet montré que c'est essentiellement l'agressivité des pluies qui détermine le plus le niveau des phénomènes du ruissellement et d'érosion en milieu tropical sec. Roose (1983) indique que la couverture végétale, notamment celle assurée par les plantes de hauteur basse constitue une méthode efficace de protection du sol. Selon Casenave et Valentin (1989), elle doit être considérée comme l'un des facteurs déterminants les états de surface. Mais d'autres critères liés à l'état de surface du sol influencent plus ou moins le ruissellement. Il s'agit de la rugosité, de l'humidité du sol en surface (Eimbeck, 1989- 1990 ; Zougmoré, 1991).

3.1.5.1 – Influence du taux d'humidité sur le ruissellement

L'état hydrique du sol avant la pluie peut influencer de manière sensible le ruissellement. Cette situation liée à la fréquence des averses est surtout perceptible au milieu de la saison des pluies lorsque le sol a trouvé son régime normal ou lors des orages exceptionnels (Figure 7).

La pluie du 27 août a ruisselé plus que celle du 25 août malgré leur hauteur sensiblement identique (respectivement 42 et 43 mm). On devrait pourtant s'attendre à ce qu'elles ruissellent de la même façon sinon une légère hausse de la première (43 mm) étant donné que sa hauteur est plus élevée. Mais comme le sol déjà suffisamment humide, a été rendu plus susceptible au ruissellement par la pluie. Il convient qu'une bonne partie de la deuxième pluie (42 mm) soit vouée au ruissellement, puisque le sol est pratiquement saturé. Ainsi, la pluie de 42 mm a occasionné un ruissellement de l'ordre de 79% pour le témoin et de 57 à 66% pour les trois autres traitements. Par contre, la première pluie a engendré un ruissellement de 64% pour le témoin contre 47 à 61% pour les traitements avec bande (Tableau 2). Ainsi donc, les ruissellements les plus élevés ont lieu à une époque où le sol est déjà très humide ou encore lors des orages exceptionnels. Le ruissellement est influencé par la succession des précipitations. Ce cas est observé dans la moitié du mois d'août (Tableau 2). Le sol qui était déjà humide a été soumis à une pluie importante de 40 mm puis immédiatement le lendemain est tombée une pluie de 12 mm. Cette dernière pluie a entraîné un ruissellement de 30,31%, contre moins de 5% pour la pluie du 15 août (26 mm).

Le ruissellement se forme lorsque la capacité d'infiltration du sol est inférieure à l'intensité de la pluie et que la détention superficielle est faible pour assurer le stockage de l'eau qui ne s'infiltré pas (Casenave et Valentin, 1989). Sur les parcelles cultivées, l'aptitude à produire du ruissellement est très influencée par les états de surfaces (Albergel *et al.*, 1986). Cet état de surface varie progressivement sous l'action dégradante des pluies et des techniques culturales (Ouvry, 1989-1990 ; Collinet *et al.*, 1980). Ces auteurs montrent que l'infiltrabilité est fortement contrôlée par les pellicules de battance ainsi que des humidités préalables. En effet, l'apport d'eau supplémentaire après la saturation du sol va obligatoirement occasionner un ruissellement.

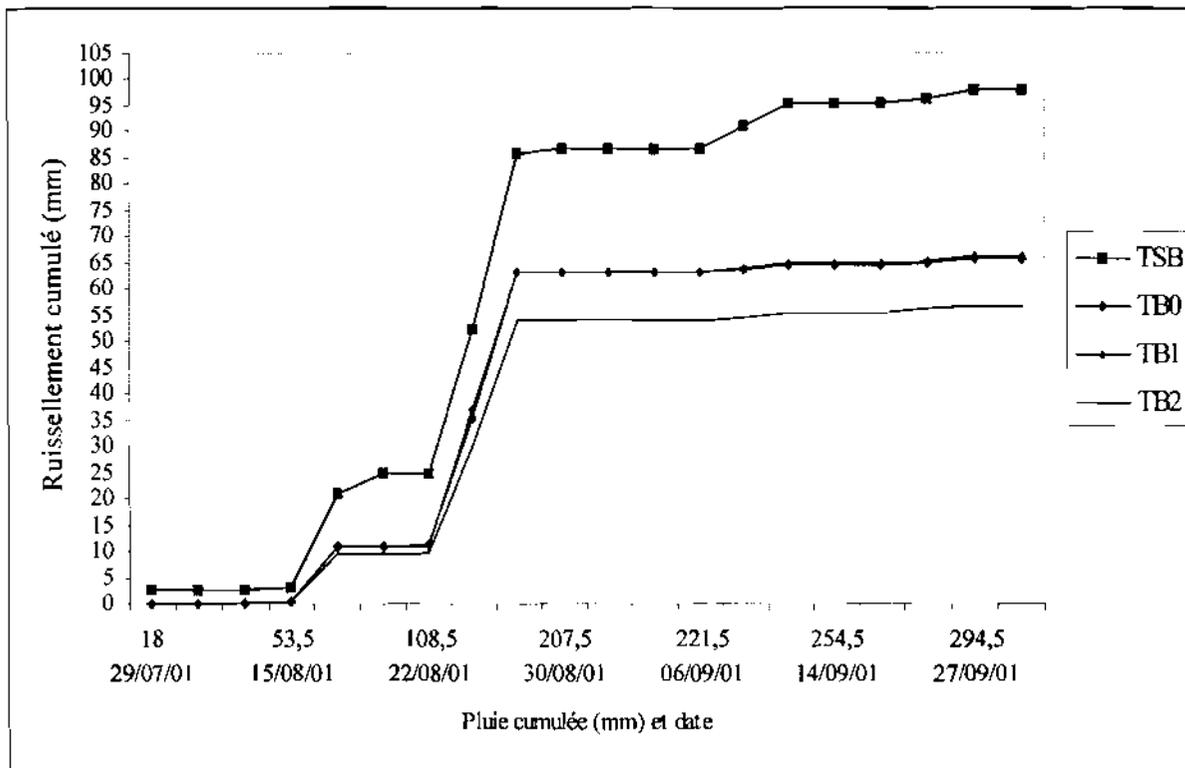


Figure 7 : Evolution du ruissellement cumulé en fonction des traitements

Tableau 2 : Ruissellement (%) en fonction de l'état d'humidité initiale du sol

| Date | Hauteur des pluies | TSB | TB0 | TB1 | TB2 |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| 15/08/01 | 26 mm | 1,875 | 0,77 | 0,58 | 0,42 |
| 19/08/01 | 40 mm | 44,75 | 26,26 | 26,12 | 23,02 |
| 20/08/01 | 12 mm | 30,31 | 1,38 | 0,83 | 0,71 |
| 25/08/01 | 43 mm | 64,23 | 56,12 | 61,39 | 47,58 |
| 27/08/01 | 42 mm | 79,38 | 66,51 | 61,74 | 56,87 |

NB : TSB : placettes ne traversant pas une bande (sans bande) ; TB0 : placettes traversant la bande non coupée ; TB1 : placettes traversant la bande coupée une seule fois ; TB2 : placettes traversant la bande coupée deux fois en cours de cycle.

3.1.5.2 – Ruissellement et pluviosité

En vue de déterminer la relation entre la pluie et le ruissellement, les données enregistrées sur l'ensemble des placettes ont été analysées. L'ajustement graphique a été réalisé à partir de treize (13) couples [P(mm), R(mm)] obtenus en faisant la moyenne du ruissellement R des p placettes d'un même traitement au cours des n pluies P. Seules les pluies supérieures ou égales à 7mm ont été utilisées car le ruissellement est significatif à partir de ce seuil. La relation entre R (mm) et P (mm) est de type $R = aP - b$ (tableau 3) ou $R = \text{ruissellement}$; $a = \text{coefficient technique}$; $P = \text{pluviosité}$ et $b = \text{constante}$.

Elle confirme ce que d'autres auteurs ont établi dans les conditions semi-arides (Trouwborst, 1994 ; Boers, 1994 ; Hien, 1995 ; NGaye, 2000). Cette équation permet de déterminer pour un traitement donné la hauteur de pluie minimale ou pluie d'imbibition ($P_0 = b/a$). Pour $0 < P < P_0$, $R = 0$ et pour $P > P_0$, $R = a(P - P_0)$ (Boers, 1994).

Les valeurs du coefficient de détermination R^2 des traitements TB0, TB1 et TB2 sont moins élevées et sont presque identiques (0,76). Cela explique la même efficacité de ces traitements à absorber le ruissellement.

Tableau 3 : Relation linéaire entre le ruissellement et les pluies

| Traitements | Droite de régression linéaire | Coefficient de détermination R^2 | Pluie d'imbibition (mm) $P_0 = b / a$ |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| TSB | 0,7812P - 8,6931 | 0,7961 | 11,1 |
| TB0 | 0,6645P - 8,8435 | 0,7556 | 13,3 |
| TB1 | 0,6678P - 8,8594 | 0,7607 | 13,3 |
| TB2 | 0,5684P - 7,5743 | 0,7586 | 13,3 |

De même, ces trois traitements (TB0, TB1 et TB2) ont la même quantité de pluie au-delà de laquelle naît le ruissellement (13,3 mm) contre 11,1 mm pour le traitement sans bande d'Andropogon (TSB). La valeur faible de leur coefficient montre la perturbation de la relation

linéaire entre le ruissellement et les précipitations par l'effet barrière des bandes de *Andropogon gayanus*. Par contre, le coefficient de détermination est élevé pour le témoin (0,7961), ce qui traduit une forte corrélation entre le ruissellement et la pluviosité. Autrement dit plus la quantité de pluie augmente, plus le ruissellement augmente dans ce traitement. Le traitement sans bandes a également un coefficient technique plus élevé (0,78) que celui des traitements (TB0, TB1) (0,66) et encore plus sur TB2 (0,56).

Le coefficient technique (a) élevé de TB1 et TB0 par rapport à celui de TB2, indique que le ruissellement augmente plus rapidement avec les hauteurs des pluies dans ces traitements comparés à celui de TB2. Cela montre l'importance de la réduction de l'ombrage qui favorise une aération du sol, et donc une évaporation plus rapide de l'eau ; le ruissellement étant plus faible lorsque le sol est préalablement moins humide.

3.1..5.3 – Relation entre pluie et infiltration

L'infiltration de l'eau dans le sol a été déduite à partir des droites d'ajustement linéaire et de la relation linéaire $I = P - R$ [$I = (1 - a)P + b$] ou I (mm) désigne la quantité d'eau infiltrée dans le sol ; P = pluviosité (mm), R (mm) = quantité d'eau ruisselée, a = coefficient technique et b = constante. Toutefois, la relation établie permet d'apprécier relativement l'effet du mode de gestion des bandes sur la quantité d'eau retenue en amont des parcelles. Les résultats sont consignés dans le tableau 4. Ils montrent que la quantité d'eau stockée en amont après une pluie augmente avec les précipitations ($a > 0$) (tableau 3). Le traitement TB2 stocke plus d'eau que les deux autres traitements. En effet, il stocke plus de 1,97 fois d'eau que le témoin contre 1,52 fois pour les deux traitements (TB0 et TB1). Ces valeurs sont faibles par rapport à celles observées par NGaye (2000) sur les mêmes parcelles. On peut donc dire que l'efficacité de l'*Andropogon gayanus* sur le maintien des eaux de ruissellement est plus marquée dans le traitement TB2 que dans les traitements TB0 et TB1.

Néanmoins, les bandes influencent positivement l'infiltration en retenant une importante quantité d'eau en amont, par l'effet barrière. La coupe des bandes réduit l'ombrage et la densité de la bande. Elle favorise un rapide dessèchement du sol dû au vent et à l'augmentation de la température qui augmentent les pertes d'eau par évaporation. Cela est très utile pour les plantes car, il réduit un temps soit peu les risques d'inondation pendant les périodes de fortes pluies.

Tableau 4 : Relation entre la pluie et l'infiltration.

| Traitement | $I = (1 - a)P + b$ | a_1/a_i |
|------------|--------------------|-----------|
| TSB | $0,2188P + 8,6931$ | - |
| TB0 | $0,3335P + 8,8435$ | 1,52 |
| TB1 | $0,3332P + 8,8594$ | 1,52 |
| TB2 | $0,4316P + 7,5743$ | 1,97 |

NB : a_1 = coefficient technique de la placette sans bande (TSB) ; a_i = coefficient technique respectif des placettes traversant les bandes coupées ou non (TB1, TB2, TB0).

3.1.6 – Radiation solaire

Les figures 8a, 8b et 8c montrent que la quantité de lumière reçue à 10 - 20 cm au-dessus du sol varie avec la position du soleil et de l'heure du jour. L'intensité de la lumière dans les premiers moments et vers la fin de la journée est basse. Le maximum de lumière obtenue se situe entre 12 heures et 14 heures. Cette période est indiquée par un plateau au sommet de la courbe. La concurrence pour l'utilisation de la lumière dépend donc de l'heure du jour, la distance de la bande, la densité et la hauteur de la bande. En comparant le pourcentage de lumière arrivant au sol, on s'aperçoit qu'il augmente avec la distance de la bande. Toutefois, une certaine variabilité est observée entre les traitements. La réduction la plus forte de la lumière est enregistrée dans la bande sans coupe à 0,5 m de la bande, soit 36,6% contre 13,9% pour TB1 et 14,8% pour TB2 (tableau 5). L'interception de la lumière entre les traitements TB2 et TB1 est peu différente. Il faut toutefois signaler la présence d'un arbre à proximité de TB2 dont la projection de son ombre portée dans cette parcelle a influencé le résultat. Entre la zone allant de 3 à 8 m, le pourcentage de lumière reçue est de 90 à 99% dans tous les traitements. Cela signifie que la zone de concurrence pour l'utilisation de la lumière entre la bande et la culture est située dans la zone de 0 à 3 m pour une hauteur de la bande de 2,5 m (témoin).

Ces résultats sont analogues à ceux de Mayus (1999). Selon cet auteur, la réduction de la croissance des plantes jusqu'à 4-5 m (2 - 2,5 m de hauteur) par *Bauhinia rufescens* est la plus grande indication de la compétition entre les brise-vent et les cultures.

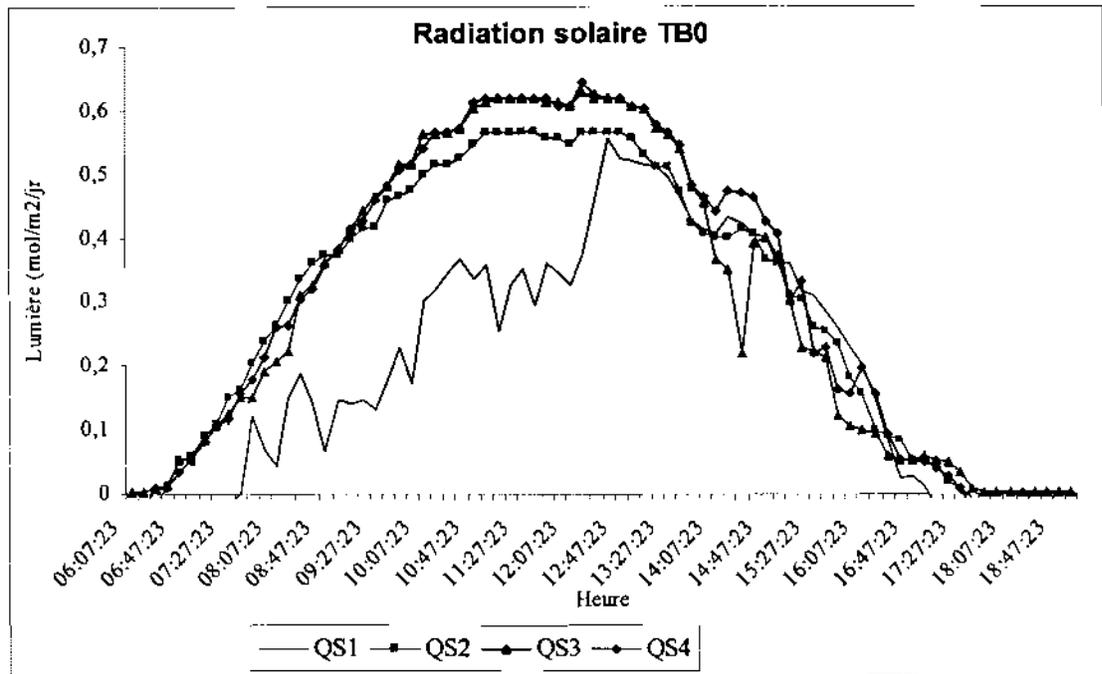


Figure 8a : Evolution de la radiation solaire en fonction de la distance de la bande et du temps du traitement TB0 à la date du 6 novembre 2001

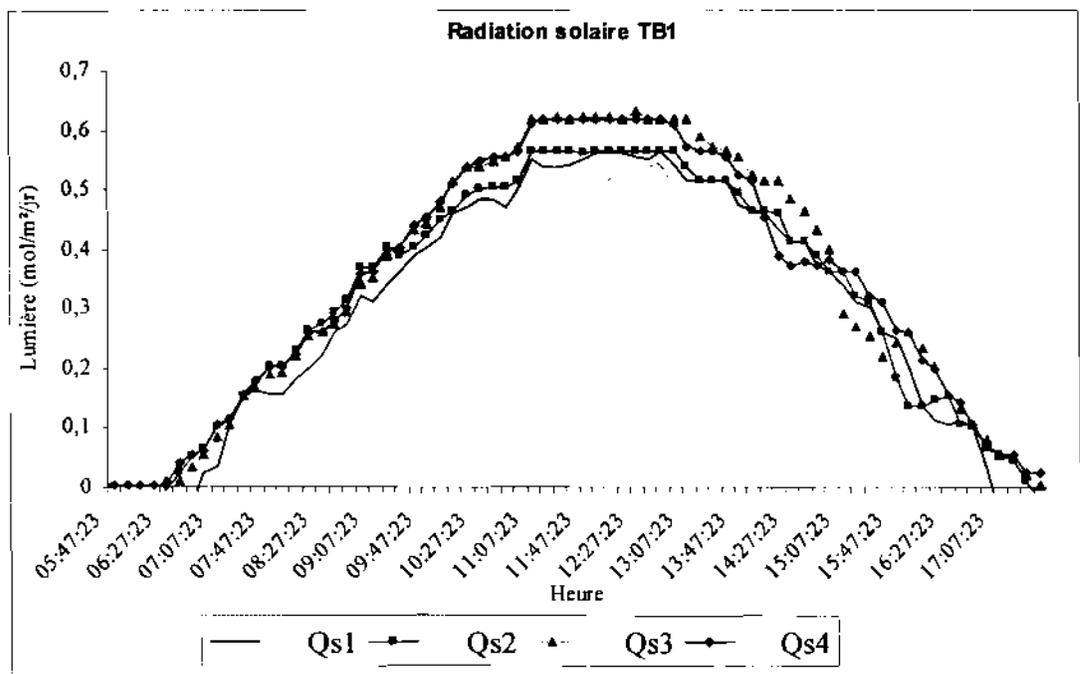


Figure 8b : Evolution de la radiation solaire en fonction du temps et de la distance de la bande du traitement TB1 à la date du 7 novembre 2001.

NB : QS1, QS2, QS3, QS4 sont les senseurs quantiques placés en amont respectivement à 0,5 m, 4 m, 8 m et 12 m de la bande.

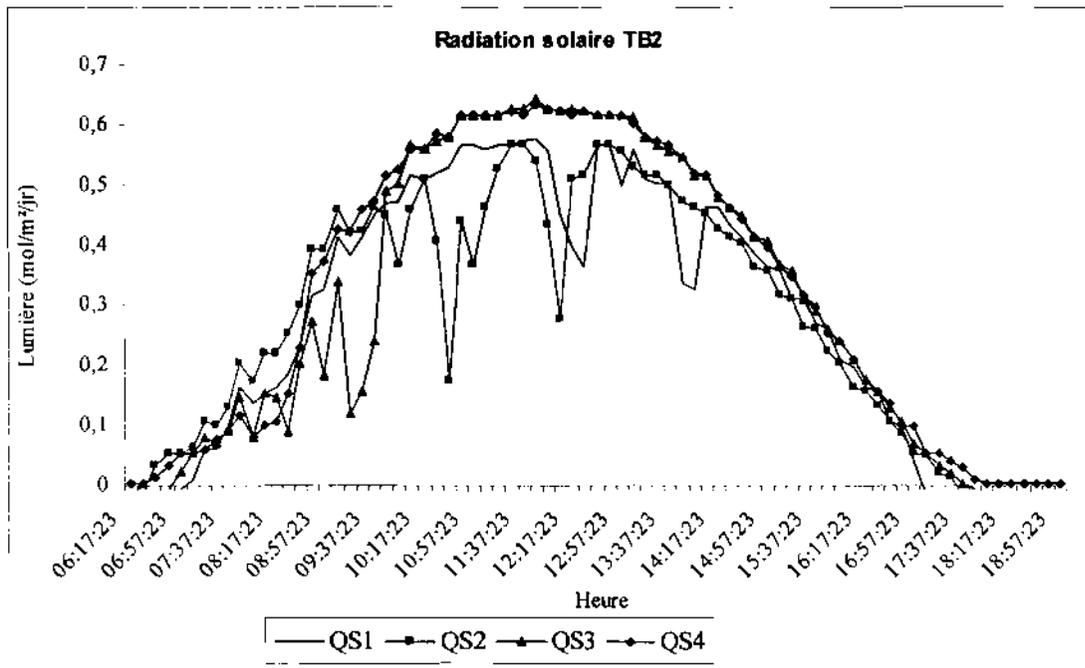


Figure 8c : Evolution de la radiation solaire en fonction de la distance de la bande et du temps du traitement TB2 à la date du 8 novembre 2001

NB : QS1, QS2, QS3, QS4 sont les senseurs quantiques placés en amont respectivement à 0,5 m, 4 m, 8 m et 12 m de la bande.

Pour Kessler et Boni (1991), le pourcentage de lumière varie beaucoup par sous parcelles par rapport à la distance du tronc des arbres. Ils ont ainsi obtenu des valeurs de 33 à 84% sous Karité et 20 à 88% sous le néré. La même tendance a été observée par Maïga (1987) notamment en ce qui concerne la faible croissance des plantes et les faibles rendements sous les arbres. La faible croissance des plantes dans cette zone malgré la bonne humidité et fertilité du sol sous les bandes confirme donc le rôle primordial de cette concurrence. Les bandes limitent l'ensoleillement direct dans la zone d'ombre portée. En comparant le pourcentage de lumière interceptée, on voit que l'augmentation de la réduction de la lumière est fonction de la densité des bandes (Davy *et al.*, 1977 ; Soltner, 1987). Cette mesure n'a pas été répétée ; ce qui ne nous a pas permis de déterminer s'il y a des différences entre les traitements. Aussi les mesures ont été effectuées en novembre où *Andropogon gayanus* était en fin de cycle. Ces valeurs obtenues sont probablement faibles par rapport à la réalité. En effet, la diminution de la phytomasse sur pied à travers la chute des feuilles qu'accompagnent la sénescence et la consommation des organes aériens par les insectes (Grouzis, 1988 ; Cissé, 1986 ; Fournier, 1991) entraîne une baisse de la densité de la bande. La quantité de lumière enregistrée par jour est également faible (29,5 mol /m²/ jour) (tableau 5). Bayala *et al.* (Sous presse) dans des mesures similaires réalisées

à Saponé à environ 30 Km de notre site d'étude ont en effet obtenu une quantité de lumière de l'ordre de 79,8 mol/m²/jour.

Ces faibles valeurs pourraient être essentiellement dues aux suspensions de poussières constatées durant les trois jours de mesure (Bayala, com. Pers.). Davy *et al.* (1977), soulignent également que la variation du rayonnement global d'une année à l'autre est plus marquée entre mars et octobre et qu'en novembre, on retrouve la distribution uniforme du rayonnement global, mais avec des valeurs relativement plus basses.

Tableau 5 : Quantité de lumière reçue par distance et par jour (mol/m²/jour)

| Traitement | QS1 (0,5m) | QS2 (4m) | QS3 (8m) | QS3 (12m) |
|------------|------------|----------|----------|-----------|
| TB0 | 17,92 | 26,38 | 27,48 | 28,27 |
| TB1 | 25,4 | 27,34 | 29,4 | 29,5 |
| TB2 | 24,56 | 24,62 | 26,95 | 28,83 |

NB : QS1, QS2, QS3, QS4 sont les senseurs quantiques placés en amont respectivement à 0,5 m, 4 m, 8 m et 12 m de la bande d'*Andropogon gayanus*.

Néanmoins, cette mesure nous a permis de montrer une tendance relative à la baisse de l'effet de l'ombrage de la bande sur la culture. Cette baisse est due à la diminution de la densité et de la hauteur de la bande induite par la coupe. Cela est très favorable au bon développement de la culture.

3.1.7 – Influence de la coupe des bandes sur les propriétés chimiques du sol

3.1.7.1 – Acidité du sol

Le pHeau mesure la quantité des ions H⁺ qui se trouve dans le sol au moment du prélèvement. Cette mesure est tributaire de l'équilibre qui s'établit entre les ions H⁺ fixés par les sites cationiques. L'analyse de la variance ne révèle pas de différences significatives entre les traitements et les points échantillonnés (Tableau 6). Cela traduit l'homogénéité des parcelles. Le pH moyen général est acide (pH 5,32).

Le pHKCl : la mesure des ions H⁺ totaux complète celle du pHeau. En mesurant l'acidité totale, il donne des valeurs logiquement inférieures à celles de pHeau (Tableau 6). A ce niveau, il n'y a pas, non plus, de différences significatives entre les traitements et les points échantillonnés. La valeur moyenne est de 4,87.

La différence entre le pHKCl et le pHeau correspond aux ions H⁺ retenus dans le complexe absorbant et susceptibles d'être libérés lorsque la solution du sol devient plus concentrée, soit en cas d'apport de fertilisant ou de sécheresse par exemple. Elle représente en quelque sorte le « pouvoir tampon » du sol. Plus le pouvoir tampon est élevé, plus le sol a une forte acidité potentielle. Dans ce cas, il est sensible à l'acidification et il sera difficile à corriger. Dans notre cas, la moyenne de l'acidité potentielle est assez élevée (0,45). Le sol est donc sensible aux phénomènes d'acidification. En effet, selon Delville (1996), les sols ferrugineux sous culture continue sans intrants ont une légère tendance à l'acidification. En revanche cette dernière augmente avec l'usage d'engrais azoté. L'azote entraîne des pertes importantes en ions basiques Ca²⁺ et Mg²⁺, par lessivage, et abaisse le pH (Sédogo, 1993 ; Bado *et al.* 1997).

Tableau 6 : Résultats des analyses chimiques du sol de Gampéla

| Distance | C (g/kg) | MO (%) | N (g/kg) | C/N | P (mg/kg) | K (mg/kg) | pHeau | pHKCl |
|----------|-------------|-----------|-------------|--------|--------------|--------------|-------|--------|
| 1AV | 3,41ab | 0,6ab | 0,3a | 12,4a | 137a | 282a | 5,22a | 4,71a |
| 0M | 4,52a | 0,77a | 0,39a | 8,55a | 161a | 328a | 5,57a | 5,06a |
| 1AM | 3,84ab | 0,67ab | 0,34a | 11,9a | 186,5a | 349a | 5,82a | 4,78a |
| 3AM | 3,53ab | 0,58ab | 0,27a | 7,9a | 135a | 299,5a | 5,24a | 4,68a |
| 12AM | 2,98b | 0,5b | 0,28a | 11a | 144a | 301,5a | 5,13a | 4,53a |
| Fproba. | 0,0164 | 0,0161 | 0,2203 | 0,8275 | 0,6786 | 0,6234 | 0,311 | 0,3155 |
| Sign 5% | S | S | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| CV (%) | 18,3 | 18,6 | 50,3 | 20,6 | 34,8 | 16 | 7 | 8,3 |
| Moy gnle | 3,66 | 0,62 | 0,36 | 11,04 | 154,93 | 298,23 | 5,32 | 4,87 |

NB : Les chiffres précédés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%. 1AV, 1AM, 3AM et 12AM sont les distances en mètres en aval (AV) et en amont (AM) des bandes (0M) ; Fproba. : probabilité ; Sign 5% : signification au seuil de 5% ; CV (%) : coefficient de variation (%) ; Moy gnle : moyenne générale ; S : significative ; NS : non significative

3.1.7.2 – Azote (N), Phosphore et Potassium

L'analyse de la variance n'a pas révélé de différences significatives entre les traitements et entre les points échantillonnés (Tableau 6). Toutefois le coefficient de variation élevé (0,5) explique le risque de variabilité entre les points échantillonnés. La teneur moyenne en azote total est faible (0,36 g/kg).

La même tendance a été observée pour le phosphore assimilable. La teneur moyenne est très faible (154,93 mg/kg). La concurrence entre la bande et les cultures peut avoir lieu pour l'utilisation de ces éléments compte tenu de leur teneur très faible dans le sol. Selon Kessler et Geerling (1994) et Bado *et al.* (1997) l'azote et le phosphore sont les principaux facteurs limitatifs de la production agricole dans notre zone d'étude.

La moyenne générale de la teneur en potassium est de l'ordre de 298,23 mg/kg. Elle est presque deux fois plus élevée que la teneur en phosphore. Sa distribution est également homogène dans les différentes parcelles puisque l'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative entre les traitements et les sous traitements.

3.1.7.3 – Carbone et taux de matière organique

L'analyse de la variance a révélé des différences significatives entre les sous traitements (distance) pour ces deux facteurs. Le test de séparation des moyennes a distingué trois groupes homogènes (Tableau 6).

Le carbone et le taux de matière organique sont plus élevés sur les bandes qui constituent le premier groupe homogène. Le deuxième groupe homogène se situe de part et d'autre de la bande dont les teneurs en carbone et le taux de matière organique diminuent progressivement suivant la distance de la bande. Les plus faibles valeurs sont obtenues à 12 m en amont de la bande. Dans l'ensemble, le sol demeure très pauvre en matière organique (<1%).

Le rapport C/N, qui par ailleurs, n'a pas révélé de différences significatives entre les traitements et entre les distances, est de 11,04 en moyenne. Les valeurs de ce rapport (C/N) supérieures à la moyenne sont favorables à la transformation accélérée de la matière organique. Les valeurs très faibles de la teneur en matière organique, montrent que celles-ci ne s'accumulent pas. Ce caractère résulterait d'un déséquilibre occasionné par un transfert des produits organiques vers les dépressions ou les bandes par le ruissellement (Sicot, 1978). Les études menées par Boudet (1975) sur les sols ferrugineux des zones sahéliennes et soudaniennes

ont montré que le taux de matière organique dépasse rarement 1% au niveau des 30 premiers cm du sol. Les résultats d'analyses de notre étude ne sont pas si différents. La forte valeur du taux de matière organique sur les bandes (0,77) et du taux de carbone par rapport à l'amont des parcelles traduit l'efficacité des bandes à piéger les particules solides contenues dans les eaux de ruissellement. En effet, les eaux de ruissellement entraînent avec elles sélectivement les matières organiques et les nutriments des horizons superficiels en amont des parcelles vers les bandes. Ce phénomène provoque l'appauvrissement des sols en pente et un enrichissement des sols sur les bandes. Ces effets ont également été observés par (Kessler et Boni, 1991 ; Sicot, opp. Cit). Le taux de matière organique peut être aussi influencé par la présence de litières ou de mulch entre les touffes d'herbes et la forte densité racinaire qui favorisent la remontée des éléments nutritifs à la surface du sol.

En revanche, les faibles teneurs en N et P aussi bien en amont des parcelles que sur les bandes, pourraient provenir de la coupe des bandes qui induit un long cycle de croissance des bandes entraînant une continuation de l'absorption des éléments nutritifs.

Il ressort de cette analyse que l'ensemble de nos parcelles bien qu'homogènes, sont très pauvres chimiquement comme la plupart des sols de la région. Ces sols, très pauvres en matières organiques sont donc très susceptibles aux phénomènes de ruissellement. Ainsi, la fertilité des sols est l'une des contraintes majeures qui limitent la production agricole.

3.1.8 - Biomasse racinaire du sorgho

L'un des rôles des racines est d'extraire l'eau du sol pour pourvoir aux besoins de la photosynthèse de la plante et de la transpiration. Elles ont également pour fonction d'absorber les éléments minéraux nécessaires au métabolisme de la plante.

Les analyses des profils racinaires ont montré que la production racinaire augmente suivant la distance de la bande. On a ainsi obtenu une valeur de l'ordre de 10 g/poquet à 8 m de la bande contre 5 g à 3 m et environ 2,5 g à 0,5 m de la bande (Tableau 7). Ces valeurs sont toutefois relatives vu les conditions dans lesquelles les mesures ont été faites. En effet, le résultat peut être nuancé car lors de la réalisation des profils, le sol était sec (début octobre) si bien que le creusage des trous n'a pas été du tout facile. Cependant, cela nous a permis d'apprécier relativement les conditions d'enracinement des plantes en fonction de l'influence des bandes.

Les faibles valeurs observées à proximité des bandes traduisent l'influence négative des bandes sur l'enracinement des plantes. Ce résultat est attribué à la faible porosité des sols dans la zone d'influence des bandes. Les bandes en freinant les eaux de ruissellement, favorisent un dépôt des eaux de pluies et de ruissellement pendant plus ou moins longtemps suivant les périodes en amont des parcelles. Ce phénomène est surtout accentué lors des périodes de grandes pluies. L'excès d'eau est très préjudiciable à la croissance des racines et modifie de façon négative les conditions écologiques propres du sol. En effet, cet excès d'eau entraîne une texture riche en éléments fins (limons, argile) du sol qui favorisent la formation des croûtes (Morel, 1989 ; Ngaye, 2000). Dans les parcelles, on a observé une augmentation de la densité et par conséquent une faible porosité dans la zone d'influence des bandes (0–2 m) consécutive à une augmentation des éléments fins due essentiellement aux dépôts des particules solides contenues dans les eaux de ruissellement. La résistance mécanique du sol est un facteur très important de la croissance racinaire. L'élongation des racines diminue quand la résistance à la pénétration est forte. Chamayou et Le Gros (1989) indiquent que l'élongation des racines devient difficile lorsque la résistance à la pénétration passe de 0,05 bar à 6 bars et devient presque nulle pour une résistance de 11 bars.

La croissance racinaire est influencée également par la richesse globale du sol en éléments fertilisants. Les résultats des analyses chimiques ont montré que le sol est très pauvre en N, P, K et matière organique dans les parcelles. Cela constitue un facteur limitant pour la croissance des racines et des plantes.

En réalité, les facteurs passés en revue s'interfèrent. C'est évidemment la résistance mécanique qui dépend largement de la teneur en eau du sol. Au plan agronomique, l'eau demeure le facteur le plus dominant de la production des sols cultivés. Par ailleurs, un excès d'eau peut bloquer les pores dans le sol. Les conditions d'anaérobies s'établissent par défaut d'oxygène, entraînant des conséquences néfastes pour le développement des racines : diverses substances peuvent être à l'état réduit et des concentrations toxiques en ions ferreux, sulfureux ou manganéux peuvent se développer ; Celles-ci jointes aux produits de décomposition anaérobique de la matière organique tels que le méthane, limitent fortement la croissance racinaire.

Dans le cadre de notre étude, la faible biomasse racinaire constatée peut être attribuée aux difficultés observées dans la levée, dues aux fortes humidités occasionnées par les fréquences

rapprochées des pluies dès le semis. Cet effet est accentué par l'ombrage des bandes qui modifie probablement l'état thermique du sol ; le réchauffement du sol demeure lent.

Tableau 7 : Biomasse racinaire du sorgho en fonction de la distance des bandes

| <i>Distance de la bande</i> | <i>TB0</i> | <i>TB1</i> | <i>TB2</i> |
|-----------------------------|------------|------------|------------|
| 0,5 m | 2,55a | 4,05a | 3a |
| 3 m | 2,7a | 5,55a | 5,10a |
| 8 m | 10,05a | 9,8a | 9,75a |

NB : les chiffres précédés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

3.1.9 – Impact de la coupe des bandes sur le rendement du sorgho

Les données sur les rendements du sorgho sont présentées dans le tableau 8. Le rendement représente le résultat des interactions des différents facteurs de production. L'analyse de la variance des rendements en grains et paille a révélé des différences hautement significatives entre les traitements d'une part, et entre les points échantillonnés (distance de la bande) d'autre part. La production moyenne en grains du traitement TB1 est de l'ordre de 385,86 g/ligne contre 292,2 g/ligne pour TB2 et 220,08 g/ligne pour le traitement sans coupe TB0. On s'aperçoit donc que l'efficacité de la coupe des bandes de *Andropogon gayanus* sur la production du sorgho se traduit par une tendance à la hausse des rendements. Les rendements sont nuls sur les premières lignes du traitement TB0 et très faibles sur les deux autres traitements. De fortes précipitations sont tombées durant les deux premières semaines qui ont suivi le semis du sorgho, entraînant de fortes humidités au pied des bandes. Les plantules du sorgho qui s'y trouvaient étaient dans des conditions d'inondation temporaire de sol qui pourraient expliquer les faibles rendements obtenus. En effet, le sol très humecté pendant plusieurs jours accentué par l'effet ombrage des bandes a entraîné la mort de la plupart des plantules situées sur les premières lignes et celles qui ont survécu, arrivent très difficilement à se développer normalement. Des cas de mortalité sans doute dus à l'effet ombrage des bandes ont été également observés au cours de la campagne, notamment sur le témoin.

Tableau 8 : Rendement du sorgho par ligne de semis à Gampéla

| Ligne | Distance de la bande | Grain (g) | | Paille (g) | |
|--------|----------------------|-----------|------------|------------|------------|
| | | Moyenne | Ecart type | Moyenne | Ecart type |
| 1 | 0,5 | 25,67b | 47,07 | 237,17b | 313,95 |
| 2 | 1,3 | 214,33ab | 177,97 | 900,5a | 451,17 |
| 3 | 2,1 | 250,17ab | 66,43 | 1182,67a | 83,43 |
| 4 | 2,9 | 454,83a | 244,39 | 1531,33a | 572,94 |
| 5 | 3,7 | 360,67a | 116,63 | 1346,83a | 447,66 |
| 6 | 4,5 | 309,83ab | 62,66 | 1124,17a | 176,85 |
| 7 | 5,3 | 309ab | 110,31 | 1094,67a | 303,33 |
| 8 | 6,1 | 421,17a | 126,49 | 1435,17a | 317,91 |
| 9 | 6,9 | 342,33a | 121,63 | 1152a | 225,04 |
| 10 | 7,7 | 369,83a | 123,53 | 1287,5a | 258,56 |
| 11 | 8,5 | 328,17a | 80 | 1121a | 228,43 |
| 12 | 9,3 | 357,17a | 24,19 | 1060,67a | 112,27 |
| 13 | 10,1 | 352,67a | 81,44 | 1213,17a | 307,89 |
| 14 | 10,9 | 304,83ab | 72,27 | 955,33a | 188,37 |
| 15 | 11,7 | 231,17ab | 114,03 | 994,83a | 438,48 |
| 16 | 12,5 | 284,17ab | 111,64 | 1086,67a | 257,79 |
| 17 | 13,3 | 252,33ab | 68,38 | 1091,83a | 124,03 |
| 18 | 14,1 | 219,67ab | 114,05 | 957,17a | 364,31 |
| Fprob | | 0,0085 | 0,0037 | 0,0037 | 0,0075 |
| Si.5 % | | HS | HS | HS | HS |
| CV | | 50,6 | | 37,3 | |
| M.gnl | | 299,33 | | 1098,48 | |

NB : Les chiffres précédés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%. Fprob : probabilité ; Si. 5% : signification au seuil de 5% ; CV : coefficient de variation (%) ; M. gnl : moyenne générale ; HS : hautement significative.

La coupe des bandes, en aérant le sol et en supprimant temporairement l'effet ombrage dans les traitements TB1 et TB2, a entraîné une amélioration de la production sur les premières lignes par rapport au témoin. Elle améliore la vitalité des plantes et réduit l'effet ombrage. Cette amélioration des conditions de vie à proximité des bandes taillées a été déjà observée par (Kessler et Boni, 1991) sous les Karités et les nérés. Cependant, les résultats de notre étude ont montré que la deuxième coupe n'a pas eu d'effet notable sur la production. Cela est peut être dû

à l'inadaptation de la période de la coupe et au taux de mortalité élevé au départ (dont les causes ont été déjà expliquées ci-dessus). La deuxième coupe a été réalisée juste avant le démarrage de la floraison.

A l'intérieur des lignes dans les différents traitements, l'analyse statistique a révélé également des différences hautement significatives entre les lignes en fonction de la distance des bandes. Le test de séparation des moyennes au seuil de 5% distingue trois groupes homogènes. La production de la première ligne est la plus faible (25,67 g/ligne). L'effet ombrage et les dures conditions de départ (forte humidité, effet ombrage) pourraient expliquer cela. La production de la première, troisième ligne et au-delà de la treizième ligne constitue le second groupe homogène. Si les rendements de la deuxième et troisième ligne sont affectés par l'effet ombrage, en revanche la faible production au-delà de 10 m de la bande pourrait s'expliquer par l'influence du ruissellement et de l'érosion, au regard de la faible fertilité du sol révélée par les analyses chimiques du sol. La production des deuxième et troisième ligne peut être également attribuée aux cycles humectation-déssiccation favorables à la formation des croûtes superficielles qui limitent fortement l'infiltration et les conditions d'enracinement des plantes (Casenave et Valentin, 1989). Les productions fortes sont enregistrées entre 3 m et 10 m de la bande. Ces résultats sont conformes à ceux de nombreux autres auteurs (Mayus, 1999 ; NGaye, 2000 ; Kessler et Boni, 1991 ; Maïga, 1987).

La zone où le rendement a considérablement baissé (0 – 2 m) correspond à la plus forte réduction de la radiation solaire, indiquant les effets compétitifs pour la lumière. Toutefois, il faut noter que la pluviométrie est l'un des facteurs déterminants de la croissance et du développement des cultures. Ainsi, la formation des croûtes de battance et l'alternance des cycles d'humectation-déssiccation préjudiciables aux cultures apparaissent comme des facteurs qui limitent également les rendements des premières lignes.

Tableau 9 : Rendement grains (g) des trois premières lignes par traitement

| Distance de la bande | TB0 | TB1 | TB2 |
|----------------------|-----|-------|-------|
| 0,5 m | 00 | 75 | 2 |
| 1,3 m | 47 | 383,5 | 212,5 |
| 2,1 m | 147 | 295,5 | 308 |

3.2 – Milieu paysan (Réo)

3.2.1 – Influence du mode de gestion des bandes sur la croissance du sorgho

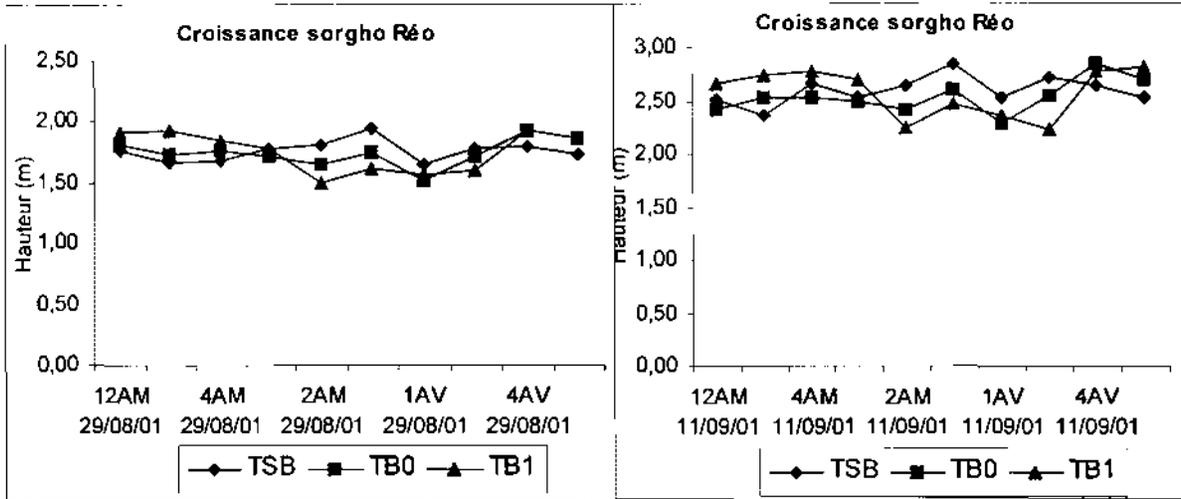


Figure 9 : Croissance du sorgho par traitement et par distance

NB : TSB : traitement sans bande ; TB0 : traitement avec bande sans coupe ; TB1 : traitement avec bande soumise à une coupe.

La figure 9 traduit l'évolution et la croissance du sorgho suivant la distance de part et d'autre de la bande d'*Andropogon gayanus* en fonction des dates de mesure. Les courbes d'évolution de la croissance montrent que la croissance du sorgho dans le traitement sans bande (TSB) est nettement supérieure à celle des traitements avec bandes coupées une fois (TB1) et sans coupe (TB0) dans la zone située entre 0 et 2 m en aval et en amont des bandes. Au-delà de cet intervalle, la croissance dans les différents traitements est sensiblement la même. Elle montre une fois de plus l'effet des bandes sur la croissance des plantes situées à proximité de celles-ci. Ces résultats confirment ceux obtenus en station. En effet, la zone de limitation de la croissance située à 2 m de part et d'autre de la bande a déjà été observée par Mayus (1999). Toutefois, la hauteur moyenne du sorgho par traitement est relativement peu différente. En effet, dans les traitements et à chaque distance de mesure, la hauteur moyenne des plantes se situe entre 2,3 et 2,8 m. On peut donc dire que l'influence des bandes sur la croissance du sorgho est fonction de sa densité et de la variété du sorgho. La variété du sorgho cultivée dans nos parcelles d'étude est une variété locale de très grande taille pouvant atteindre 3 à 4 m de hauteur. La densité de la bande d'*Andropogon* est faible (une seule ligne). L'effet bande sur les plantes situées aux pieds

des bandes est faible et a peut être eu lieu en début de croissance pour la lumière. En effet, les graminées pérennes croissant plus que les annuelles en début de campagne interceptent la lumière au détriment des plantules du sorgho situées à proximité des bandes au moment où ces dernières ont particulièrement besoin de la lumière pour la réalisation de la photosynthèse. Mais l'effet ombrage s'amenuise avec le temps. C'est ainsi qu'à la deuxième date de mesure, la hauteur des plantes a surpassé celle de la bande. La distribution relativement homogène de la hauteur des plantes observée à la deuxième date de mesure traduit l'homogénéité apparente des différentes parcelles. Elle montre également la faible influence des bandes sur la croissance des plantes situées à sa proximité liée à la faible densité des bandes d'*Andropogon gayanus*. La bonne croissance des plantes dans l'ensemble des parcelles peut être expliquée par les pratiques culturales réalisées par le paysan : labour suivi du semis, d'un sarclage et d'un buttage perpendiculairement à la pente. Ces pratiques ont favorisé une bonne infiltration de l'eau, un bon enracinement des plantes et un ruissellement réduit. Cela a eu pour conséquence une bonne croissance des plantes cultivées dans l'ensemble des parcelles.

3.2.2 – Humidité du sol

Les mesures de l'humidité du sol en milieu paysan à Réo, réalisées en différentes périodes de la saison, des pluies sont présentées sur la figure 10. Les résultats montrent la variation du taux d'humidité en fonction des périodes de l'année. En effet le taux d'humidité est de 18% à la première date de mesure, soit deux jours après une pluie de 42 mm (figure 10a). A la deuxième date de mesure, il est de l'ordre de 10 à 12%, cette mesure a été effectuée deux jours après une pluie de 15 mm (Figure 10b). Le taux d'humidité chute à 6 – 7% en période relativement sèche (figure 10c), cinq jours après une pluie de 14 mm. Toutefois, le taux d'humidité varie relativement très peu d'une part, entre les traitements et d'autre part, entre les distances quelles que soit les périodes de mesure. Cette distribution relativement homogène dans l'ensemble des traitements se justifie par les pratiques culturales notamment le labour et le buttage. En période humide, on note une variation relativement constante du taux d'humidité dans les trois profondeurs de mesure (0–10 cm ; 10– 20 cm et 20–40 cm). Néanmoins une légère baisse est observée dans la profondeur de 20– 40 cm.

Le stock d'eau est de l'ordre de 18% dans l'horizon 0-10 cm contre 15-16% dans 10-20 cm et de 13 à 15% dans la profondeur de 20 à 40 cm. La distribution de l'eau est également homogène dans les différents traitements (figure 10a). Lorsque le sol est moyennement humide, la variation du stock d'eau dans le sol est faible suivant les trois profondeurs de mesure dans

Le tableau 9 illustre clairement l'influence positive de la coupe des bandes végétatives obtenue sur les trois premières lignes, et donc sur le rendement grains et pailles du sorgho par rapport au témoin non coupé TB0. Cet effet est nettement remarquable sur la deuxième et la troisième ligne avec une production de l'ordre 383,5 g pour le traitement TB1, 212,5 g pour TB2 contre 47 g pour le témoin sans coupe. L'effet sur la première ligne est moins visible même si sur le témoin le rendement est nul contre 75 g pour TB1 et 2 g pour TB2. Mis à part l'influence des bandes, le faible rendement observé peut être attribué à la réduction de la porosité constatée à proximité des bandes. NGaye (2000) a en effet obtenu dans cette zone une faible porosité de l'ordre de 36,36 contre 44,87 sur la bande et un peu plus de 38,4 en amont au-delà de 3 m. Le rendement faible des premières lignes des traitements s'explique donc non seulement par les fortes conditions d'humidité vécues par les plantes situées à proximité des bandes mais aussi par la forte réduction de la lumière constatée dans cette zone, et probablement, par la compétition pour les éléments nutritifs. A cet effet, Mayus (1999), Renard et Vandenbeltdt (1990) et Penning de Vries et Djityè (1982) ont montré que le système racinaire de *Andropogon gayanus* lui permet dans ses environs une compétition avec les cultures et celle-ci est accentuée pendant les périodes déficitaires en eau et éléments minéraux. Dans notre cas la compétition a certainement eu lieu principalement pour les éléments N et P comme en témoigne leur très faible teneur à proximité des bandes par rapport aux autres points échantillonnés. Mis à part le phénomène de compétition et d'encroûtement, le rendement grains est nettement significatif au milieu des parcelles. La coupe des bandes s'avère donc nécessaire car il permet de réduire l'effet ombrage. Elle entraîne une diminution de la densité et de la hauteur des bandes. L'excès d'eau à proximité des bandes est ainsi reprise par évaporation à travers l'aération du sol par le vent et l'augmentation de la température. Cela s'est traduit par une augmentation des rendements de TB1 puis de TB2 par rapport au TB0.

En somme, la coupe des bandes a un effet positif très net sur les rendements. Son introduction en milieu paysan serait une alternative avantageuse pour la production agropastorale. Elle permettra en outre, de diversifier la production et de lutter efficacement contre l'érosion et le ruissellement. Afin de vérifier son applicabilité dans les conditions de culture en milieu paysan, et favoriser ainsi son transfert, un essai a été installé à Réo. Les résultats sont présentés dans le paragraphe suivant.

tous les traitements. Le taux est de l'ordre de 10 à 12%. Cependant une certaine hétérogénéité est observée dans le témoin où des valeurs de 15% du taux d'humidité ont été observées dans certains endroits (figure 10b). En dehors de ces discontinuités, le stock d'eau du sol par traitement est homogène. En période sèche, le taux d'humidité varie en fonction de la position des parcelles et de la profondeur (Figure 10c). En effet, il est faible en aval (6-8%) dans les profondeurs de 0-10 cm et 10 – 20 cm. Par contre il est de 7 à 9% en amont des parcelles dans les mêmes profondeurs. En revanche, le stock d'eau est de 7 à 9% dans la profondeur de 20-40 cm dans l'ensemble des parcelles. Ainsi, le stock d'eau dans le sol augmente avec la profondeur pendant la période sèche en aval des parcelles et reste relativement constant en amont des parcelles. La convergence des résultats entre les traitements et entre les distances peut s'expliquer surtout par les techniques culturales. Le labour à plat avant le semis suivi du buttage des cultures perpendiculairement à la pente a sans doute favorisé une bonne infiltration de l'eau et un bon enracinement des cultures. Hoogmoed (1999) a en effet montré l'influence du labour sur l'infiltration de l'eau dans le sol. Cet auteur indique qu'un sol limoneux sableux (comme dans notre cas) labouré à différentes profondeurs (<10 cm ; 10-20 cm ; >20 cm) entraîne un ruissellement de 0% pour les deux premières profondeurs et de 24% pour la profondeur >20 cm.

Le labour contribue à créer une macroporosité favorable à l'installation des cultures. Selon Nicou *et al.* (1990), l'augmentation de la porosité a des conséquences très importantes pour le développement racinaire des cultures annuelles. Le travail du sol augmente à la fois l'infiltration et la détention superficielle (Hoogmoed, 1999). Pour Morin (1993), le travail du sol comme méthode pour lutter contre l'encroûtement provient surtout de l'amélioration de la structure du sol et de l'augmentation du stock d'eau en surface. La forte croissance et le développement rapide des cultures qui en découlent, permettent une meilleure protection du sol contre l'agressivité des pluies. Ainsi, selon Lamachère et Serpantié (1991), le labour, le sarclage et le billonnage en zone soudano-sahélienne en sol sableux fin permettent une optimisation des pluies et des ruissellements entrants. Le buttage en courbe de niveau est une technique qui conserve beaucoup d'eau dans les sillons évitant ainsi sa mise en ruissellement. Cette façon culturale permet un meilleur développement des racines, une limitation du lessivage des sols tout en augmentant les rendements (Regis et Roy, 1999). Cependant, l'amélioration des conditions hydriques pose le problème à long terme du renouvellement de la fertilité des sols, l'accroissement de la production végétale allant de paire avec un appauvrissement plus rapide des sols.

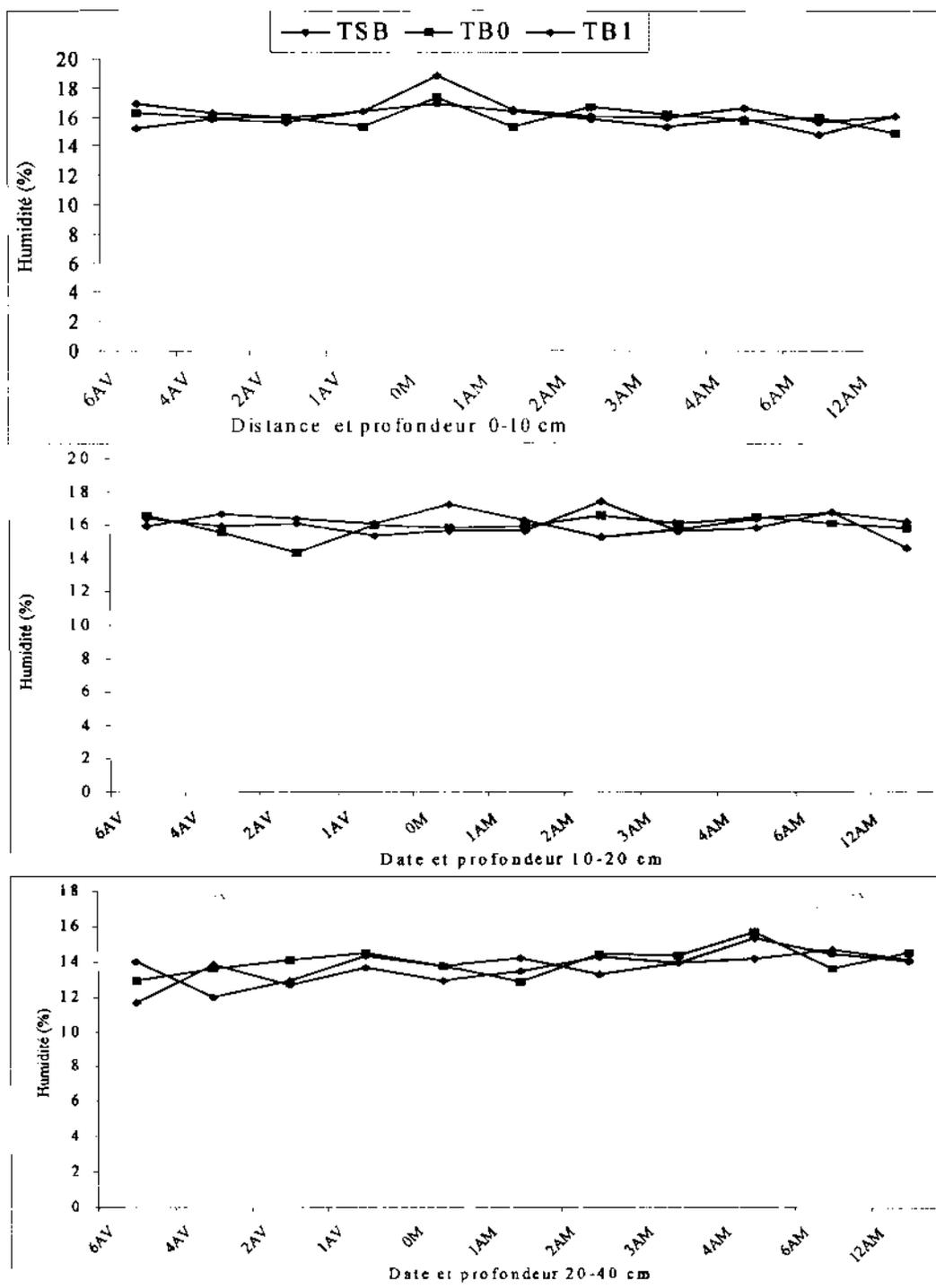


Figure 10a : Humidité du sol à la date du 28/08/2001

NB : AV = aval ; AM =amont ; 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 précédés de AM ou de AV sont les distances en mètres de la bande d'*Andropogon gayanus* (OM).

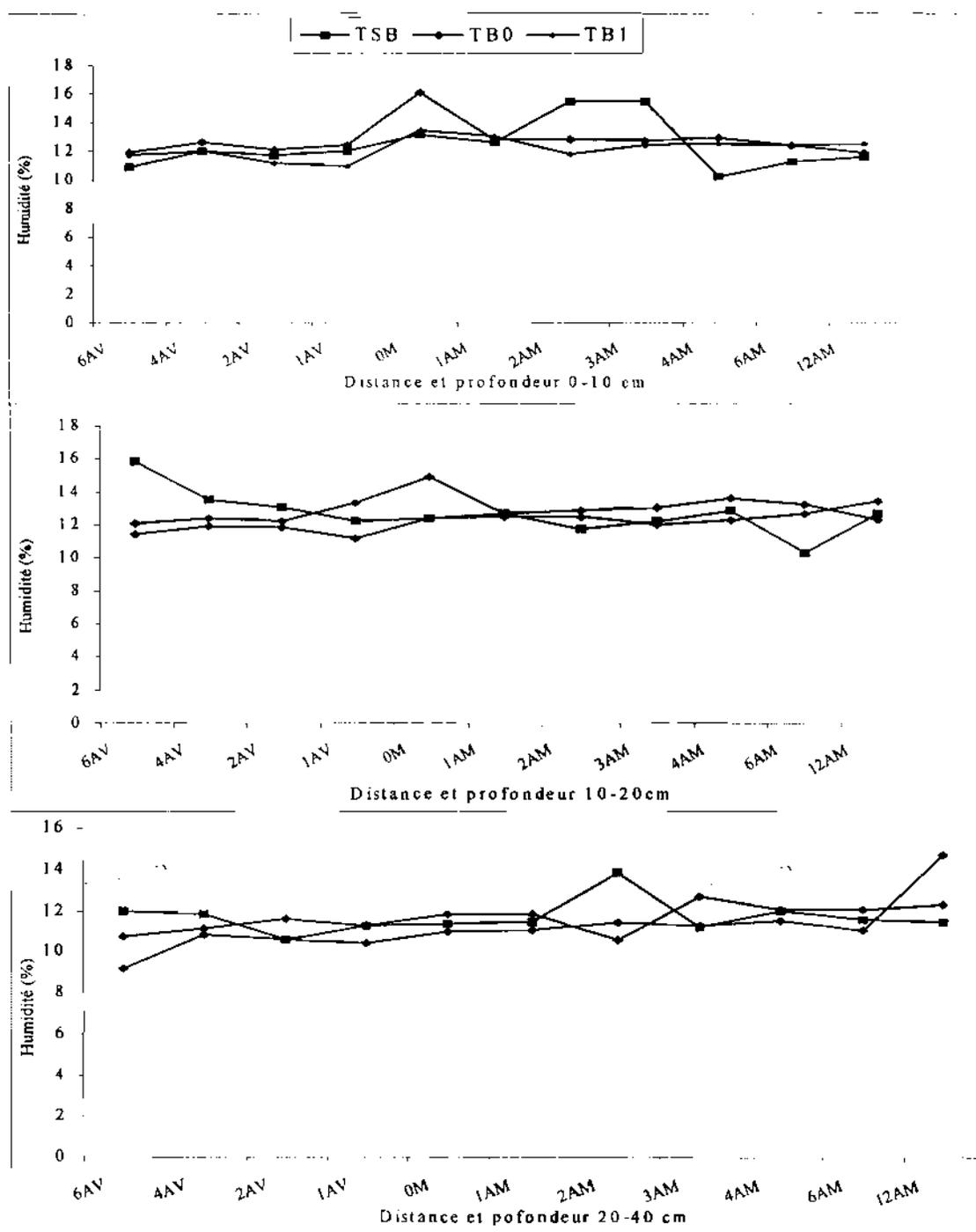


Figure 10b : Humidité du sol à la date du 11/09/2001

NB : AV = aval ; AM= amont ; 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 précédés de AM ou de AV sont les distances en mètre de la bande d'*Andropogon gayanus* (OM)

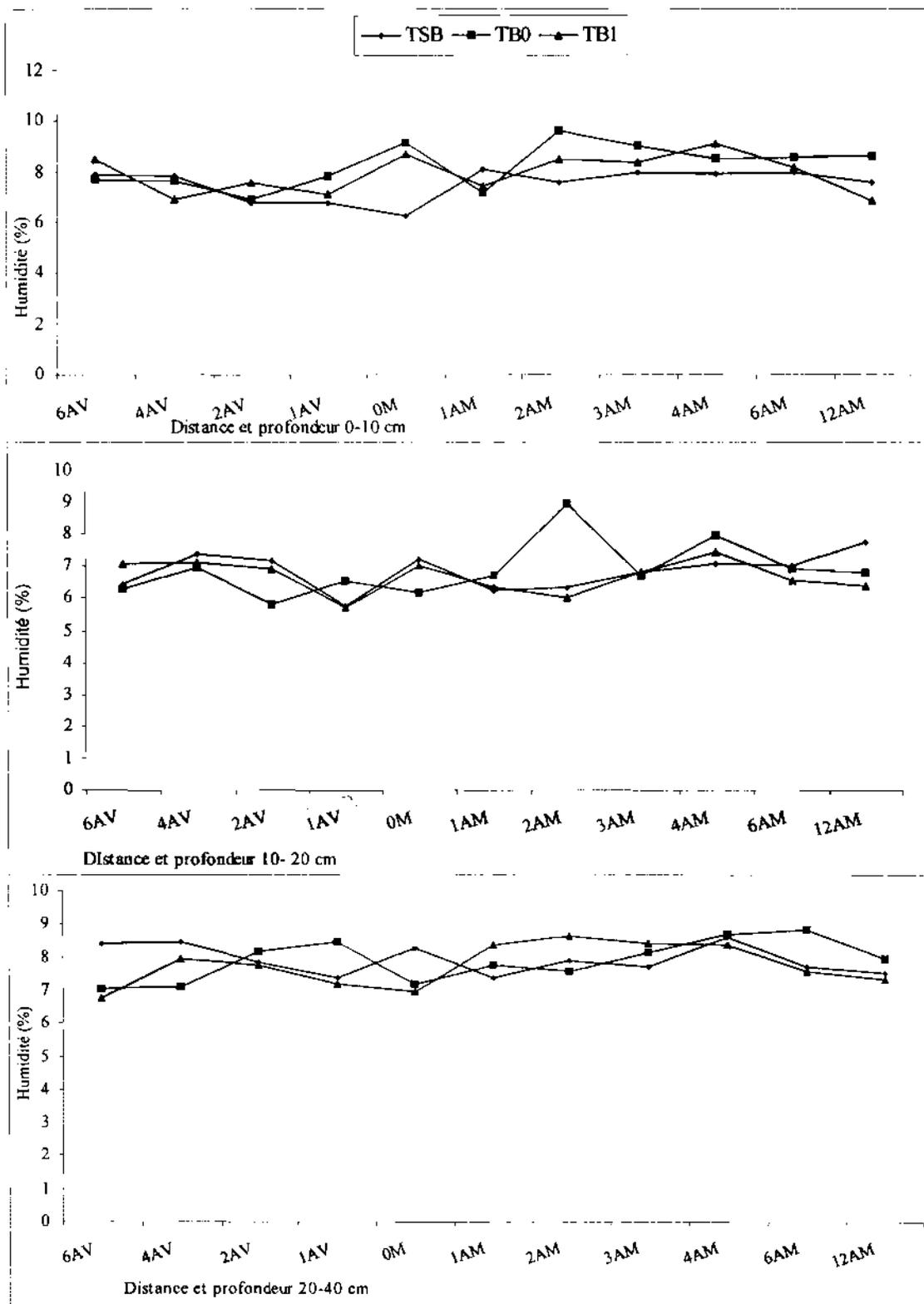


Figure 10c : Humidité du sol à la date du 25/09/2001.

NB : TSB : sans bande ; TB0 : avec bande sans coupe ; TB1 : bande coupée une fois.

3.2.3 – Impacts du mode de gestion des bandes sur le rendement du sorgho

Tableau 10 : Rendement (g) du sorgho à Réo

| Distance de la bande | Grain/ligne | Paille/ligne | Grain TSB | Grain TB0 | Grain TB1 |
|----------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 6AV | 394,44ab | 1244,44abc | 450abc | 433,33abc | 300bc |
| 4AV | 594,44a | 1783,33a | 416,67abc | 783,33a | 583,33ab |
| 2AV | 466,67ab | 1338,89abc | 533,33abc | 400abc | 466,67abc |
| 1AV | 288,89b | 835c | 300bc | 316,67bc | 250bc |
| 1AM | 277,78b | 919,44bc | 550abc | 183,33bc | 100c |
| 2AM | 394,44ab | 1156,67abc | 466,67abc | 400abc | 316,67bc |
| 3AM | 511,11a | 1594,44ab | 466,67abc | 433,33abc | 633,33ab |
| 4AM | 461,11ab | 1425abc | 383,33abc | 500abc | 500abc |
| 6AM | 527,78a | 1777,78a | 45abc | 550abc | 583,33ab |
| 12AM | 544,44a | 1633,33ab | 550abc | 533,33abc | 550abc |
| Fproba | 0,0001 | 0,0009 | 0,0191 | 0,0191 | 0,0191 |
| Sign 5% | HS | HS | S | S | S |
| CV (%) | 32,1 | 37,8 | 32,1 | 32,1 | 32,1 |
| Moy. gnle | 446,11 | 1370,83 | 456,67a | 453,33a | 428,33a |

NB : Les chiffres précédés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%. Fproba : probabilité ; Sign 5% : signification au seuil de 5% ; CV (%) : coefficient de variation (%); Moy. gnle : moyenne générale ; HS : hautement significative ; S : significative.

L'analyse de la variance des rendements s'est révélée non significative entre les traitements. Par contre, elle est hautement significative entre les distances au seuil de 5%. De même, l'interaction traitement-distance est significative. Le test de séparation des moyennes distingue en effet cinq (05) groupes homogènes qui diffèrent par l'expression potentielle de leur productivité (tableau 10). L'influence des bandes sur les cultures est plus marquée sur la première ligne de part et d'autre de la bande. En aval, la première ligne appartient au quatrième groupe homogène pour tous les traitements. Par contre en amont, elle varie selon les traitements. La production du témoin sur cette ligne est supérieure à celle de TB0 elle-même supérieure à TB1. La coupe des bandes d'*Andropogon gayanus* réalisée n'a donc pas eu d'effet sur la culture dont la production reste la plus faible. Cela s'expliquerait par l'inadaptation de la période (début septembre) de la coupe. En effet, l'influence des bandes sur les cultures est probablement marquée en début de la campagne où l'entretien de la plantule reste faible. Au-delà de la

première ligne, la production croît jusqu'à 12 m en amont et en aval des parcelles. Toutefois, une certaine variabilité est observée en aval. Il faut noter que la plus forte production a été enregistrée à 4 m en aval du TBO avec une valeur moyenne de 783,3 g/ligne. Cette variabilité des résultats en aval pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité spatiale du terrain.

L'homogénéité des rendements entre les lignes dans les différents traitements exprime l'efficacité semblable de ces trois traitements induite par l'amélioration de la structure du sol. En effet, l'amélioration des conditions d'enracinement et l'augmentation du stock d'eau par le labour suivi du buttage permettent un bon développement des cultures et donc une augmentation des rendements. L'augmentation des rendements par l'application du labour et du buttage a été observée par de nombreux auteurs (Ouattara *et al.*, 1994 ; Vlaar, 1992 ; Regis et Roy, 1999). L'effet du labour à plat sur les rendements est incontestable (Nicou *et al.*, 1987). Ces auteurs ont obtenu à Saria une augmentation des rendements du sorgho de 40%. Cela s'explique par une meilleure utilisation de l'eau, notamment une infiltration améliorée et donc un ruissellement diminué de 20%. La combinaison du labour à plat et du billonnage ont eu un effet additionnel sur la production. En effet, (Nicou *et al.*, opp. Cit) ont obtenu une amélioration des rendements par rapport à une surface non travaillée de 34% pour le labour à plat, 59% pour la combinaison labour/ billonnage cloisonné.

L'association du labour suivi du buttage isohypse et des bandes d'*Andropogon gayanus* s'avère donc très favorable à la production agricole. Elle permet en outre, de lutter efficacement contre les pertes d'eau par ruissellement. L'infiltration de l'eau dans le sol est favorisée grâce à l'amélioration de la structure du sol et de l'effet barrière des bandes d'*Andropogon gayanus*. Le développement rapide de la culture couvre le sol, le protégeant ainsi contre les agressivités des pluies.

Conclusion générale

La productivité des sols dans les zones semi-arides est limitée par la disponibilité en eau et l'inefficacité des pluies. De plus, il est admis que dans ces régions, le ruissellement est une des causes majeures de la dégradation des sols. La pression démographique augmentant, il est impératif d'inverser la tendance et de restaurer la fertilité des sols pour assurer la sécurité alimentaire, diversifier et accroître le revenu des producteurs.

Les voies importantes pour y parvenir sont la lutte contre l'érosion et la production de biomasse utile au niveau des exploitations agricoles familiales. De ce fait, l'introduction des bandes d'*Andropogon gayanus* et de leur gestion paraissent indispensables pour lutter non seulement efficacement contre le ruissellement et l'érosion, mais aussi assurer l'alimentation du bétail en fourrage de bonne qualité.

Les résultats obtenus montrent l'efficacité des différents modes de gestion des bandes dans la conservation des eaux et des sols et l'amélioration de la production de biomasse en qualité. Ainsi, la coupe des bandes influence les propriétés hydrodynamiques des sols par :

- la diminution effective du ruissellement et l'augmentation de l'infiltration de l'eau par l'effet barrière ;
- une bonne aération du sol dans la zone d'influence des bandes enherbées, favorisant ainsi une bonne reprise par l'évaporation des excès d'eau lors des grandes pluies. Cela évite les engorgements temporaires au pied des bandes ;
- la forte réduction de l'ombrage par la diminution de la densité des bandes limitant ainsi son influence sur les plantes situées à sa proximité.
- l'augmentation de la vitalité des bandes d'*Andropogon gayanus* qui restent vertes pendant la floraison et à la fin de saison.

L'impact de ce mode de gestion des bandes sur la production s'est traduit par une amélioration de la croissance des plantes situées à proximité des bandes et par conséquent une augmentation des rendements des traitements par rapport au témoin. En effet, la production est nulle sur les premières lignes au niveau du témoin (TB0) contre 75 g par ligne pour le traitement TB1. Mais, l'effet remarquable de la gestion des bandes est très visible sur la

deuxième ligne où on a obtenu une production moyenne par ligne de 383,5 g pour TB1 contre 212,5 g pour TB2 et 47 g pour le traitement sans exploitation (TB0), soit une réduction du rendement de 87,74% de TB0 par rapport au TB1 et 77,88% par rapport au TB2. Toutefois, ces rendements restent faibles par rapport à ceux des autres lignes situées au-delà des deux premières lignes. Cela est imputable aux dures conditions vécues par les plantes à la levée consécutivement à l'augmentation des fréquences et des hauteurs des pluies. Ces fortes pluies ont engendré une concentration d'eau excessive dans la zone d'influence des bandes d'*Andropogon gayanus*, occasionnant ainsi une mauvaise levée des plantules. Cela s'est traduit d'ailleurs par un fort taux de mortalité des plantules situées dans cette zone et une mauvaise croissance de celles qui ont survécu à ces conditions.

Les essais installés en milieu paysan à environ 40 Km de la station de recherche de Saria, nous ont également donné le même constat. Cependant, l'association des techniques culturales (labour à plat suivi de buttage) reconnues très conservatoires d'eau ne nous ont pas permis de mesurer l'efficacité effective de la coupe des bandes sur les propriétés hydrodynamiques du sol et de leur influence sur les cultures. Mais, il s'avère que cette association est très bénéfique comme en témoignent l'augmentation de la capacité de stockage de l'eau dans le sol et la bonne infiltration de l'eau dans l'ensemble des parcelles. L'amélioration de la structure du sol qui en découle a favorisé un bon enracinement des plantes, une installation rapide des cultures protégeant ainsi le sol contre l'agressivité des pluies. Tous ces facteurs mis ensemble ont entraîné une augmentation très significative des rendements. En effet, ces techniques culturales ont un impact sur la production et la qualité des sols ; elles présentent un potentiel pour la réduction des effets compétitifs entre la bande et la culture.

Toutefois, afin de réduire davantage l'effet ombrage des bandes végétatives sur les cultures situées à proximité, nous recommandons que les bandes soient coupées le plutôt possible. Cela permettra d'éviter la compétition dès la levée des cultures au moment où elles ont particulièrement besoin de la lumière pour la photosynthèse car leur entretien reste faible à cette période. De ce fait, nous recommandons que la première coupe soit effectuée deux à trois semaines après semis selon la dynamique des bandes et la deuxième coupe un mois plus tard. Néanmoins le nombre de coupes doit être fonction non seulement de la densité des bandes végétatives mais aussi de l'objectif visé par le paysan. Ainsi, pour l'édification des objets artisanaux, une coupe au début de la montaison serait nécessaire vu les conditions climatiques et

édaphiques de la zone d'étude. Par contre, pour l'obtention de fourrage de bonne qualité deux coupes sont nécessaires.

Ainsi, il apparaît nécessaire que d'autres études soient menées afin de renforcer la compréhension des influences positives et négatives des bandes d'*Andropogon gayanus* sur la production agricole et diversifier la production des *Andropogon gayanus*. Ces recherches doivent particulièrement intégrer l'étude de l'influence de ces modes de gestion des bandes végétatives sur l'érosion. En effet, cet aspect n'a pas été abordé dans le cadre de notre étude. Aussi, des actions de recherches doivent être poursuivies afin de déterminer non seulement les périodes optimales pour la réalisation des coupes mais aussi le nombre et le rythme de coupes nécessaires pour une optimisation de la productivité des bandes et des cultures en tenant compte de la variabilité inter-annuelle de la pluviométrie.

Il est également indispensable que ces solutions techniques, soient accompagnées d'un paquet de techniques agronomiques éprouvées et adaptées aux conditions socio-économiques des paysans. Cela inclut les techniques culturales (labour, billonnage, buttage) et le maintien et/ou l'augmentation du capital d'éléments minéraux et organiques dans le sol afin de permettre une production soutenue et durable. La formation des paysans sur la technique des bandes anti-érosives d'*Andropogon gayanus* favoriserait son adoption par ces derniers.

Bibliographie

- Achard A., Hiernaux P. et Banoïn M., 2001 : Les jachères naturelles et améliorées en Afrique de l'Ouest. *In* Floret et Pontanier (éd., 2001) : pp. 210-239.
- Achard F., 1993 : Phytomasse des savanes nord - soudaniennes de Gampéla. *In* l'Aridité une contrainte au développement : pp. 297-310.
- Albergel J. et Bertrand A., 1984 : Etude des paramètres hydrologiques sous pluies simulées. Estimation du ruissellement dans le bassin versant de Kazanga, ORSTOM, Ouaga, 104p.
- Albergel J., Diatta M., Grouzis M. et Sene M., 1995 : Réhabilitation d'un écosystème aride par l'aménagement des éléments du paysage. *In* Pontanier et al. (éd., 1995). L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? : pp. 293-306.
- Albergel J., Diatta M., Pepin Y. et Sene M., 2000 : Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal. *In* Floret & Pontanier (éd., 2000), vol. 1 : pp.741-750.
- Albergel J., Ribstein P. et Valentin C., 1986 : L'infiltration : quels facteurs explicatifs ?. Analyse des résultats acquis sur 48 parcelles soumises à des simulations de pluies au Burkina Faso. Journée hydrologique de l'ORSTOM, Montpellier : pp. 25-48.
- Ambouta J. M. K., Moussa I. B. et Ousmane S. D., 1999 : Réhabilitation de jachère dégradée par la technique du paillage et du zaï au sahel. *In* jachère en Afrique tropicale. Floret et Pontanier (éd., 2000), volume 1 : pp. 751-759.
- Annuaire statistique du Burkina Faso, 1999 : Institut National de la statistique et de la démographie (INSD), Ouagadougou, décembre 2000.
- Azotonde A. H., Feller C., Garry F. et Remy J. C., 1998 : Le Mucuna et la dégradation des propriétés d'un sol ferrallitique au sud Benin. *Agriculture et développement* n°18 :pp. 55-61.
- Bado B. V., Sedogo M. P., Lompo F. et Bationo A., 1997 : Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements de maïs au Burkina Faso. *Cahier agriculture*, 6 (6) : pp.571-575.

Baumer M., 1987 : L'agroforesterie et désertification. Le rôle possible de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement. CTA, 260p.

Bayala J, Teklehaimanot Z and Ouedraogo SJ, *Agroforestry Systems* (sous presse) : *The effects of pruning of Vitellaria paradoxa and Parkia biglobosa on millet production in parklands.*

Benoît D. et Pastor M., 1997 : Manuel des techniques de conservation des eaux et sols au sahel. CILSS, PRECONS, Ouagadougou, 47p.

Boers T. M. 1994 : *Rainwater harvesting in arid and semi-arid zones. Thesis, Wageningen agronomic university, 133p.*

Boiffin J., 1984 : La dégradation structurale des couches superficielles sous l'action des pluies. Thèse docteur ingénieur, INAPG, Paris, 230p + annexes.

Boudet G., 1975 : Les pâturages et l'élevage en Afrique tropicale francophone. Séminaire régional pour l'Afrique occidentale sur l'aménagement intégré de l'environnement, UNESCO, Dakar (Sénégal), 33p.

Bowden B. N., 1963 : *Studies on Andropogon gayanus kunth. I-The use Andropogon gayanus in agriculture. Empire Journ of exper. Agri., 1963, vol. 31, n°123 : pp. 267-273.*

Bowden B.N., 1962 : *Studies on Andropogon gayanus Kunth. III.an outline of its biology- J- in SOC. (Bot) : pp.255-271.*

Breman H., Ketelaars J. J . M. H., Van Keulen H.U. et De Ridder, 1991 : Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Editions Karthala, 485p.

BU.NA.SOLS, 1985 : Etude pédologique de la station expérimentale de Gampéla. Echelle 1/5000. Rapport technique n°59, projet BKF/82/007, 29p + annexes.

Buldgen A. et Dieng A., 1997 : *Andropogon gayanus kunth var. bisquamulatus, une culture fourragère pour les régions tropicales. Les presses Agronomiques de Gembloux, 171p.*

Buldgen A., Dieng A. et Compere R., 1991 : La culture fourragère temporaire d'*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* en zone soudano-sahélienne sénégalaise. 5- paramètres d'exploitation du pâturage par un troupeau de bovins. Bulletin recherche

agronomique vol ; 26, n° 4 : pp.455-469.

Casenave A. et Valentin C., 1989 : Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration, Collection didactique, ORSTOM, Paris, France, 230p.

César J. et Coulibaly Z., 1990 : Le rôle des jachères et des cultures fourragères dans le maintien de la fertilité des terres. Savanes d'Afrique terres fertiles ? : 271-287.

César J. et Coulibaly Z., 1993 : Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le nord de la Côte d'Ivoire. In Floret et Serpantié (éd., 1993) : pp.415-434.

César J., 1992 : La production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme : biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Maisons Alfort (France), IEMVT, CIRAD, 671p.

Chamard P. C. et Courel M. F., 1989 : La forêt sahélienne menacée. Dans Sécheresse, 1989, volume 10, n°10 : pp. 11-18.

Chamayou H. et Le Gros J. P., 1989 : Les bases physiques, chimiques et minéralogiques, CTA , 593p.

Châtelain C., 1998 : Evaluation du système agraire et de la dégradation de l'environnement dans la région de Gampéla, DRG, EPLF, IDR-UPB, UO, Ouagadougou, 18p.

Cisse L. M., 1986 : Etude des effets d'apport de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production de mil et de l'arachide sur le sol sableux dégradé du centre nord du Sénégal. Thèse de doctorat en science agronomique, Nancy, France, 184p.

Cissé M. I. et Breman H., 1976 : Influence de l'exploitation sur un pâturage à *Andropogon gayanus* Kunth var. *tridentatus*. Rev. Méd. Vét. 1980, 33 (4) : 407-416.

Collinet J., Valentin C., Asseline J., Hoepffen M. et Pepin Y., 1980 : Ruissellement, infiltration et érosion en zones soudaniennes et subdésertiques. Rapport de terrain de la seconde « opération Niger », 36p.

Davy E. G., Matter F. et Solomon S. I., 1977 : Une évaluation des ressources du climat et de l'eau pour le développement de l'agriculture dans la zone souda-sahélienne de l'Afrique de

l'ouest. Organisation Météorologique Mondiale (OMM) n°59, rapport spécial sur l'environnement n°9, 317p.

De Ridder N., Stroosnijder L., et Cissé A. M., 1982 : La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource. Tome 1, Université agronomique de Wageningen, 237p.

Delville L. P., 1996 : Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel. Diagnostic et conseil aux paysans. Collection « Le point sur », 397p.

Dieng A., Buldgen A. et Compere R., 1991 : La culture fourragère d'*Andropogon gayanus* kunth var. *bisquamulatus* en zone d'exploitation sur la production de fourrage. Bulletin recherche agronomique de Gembloux, vol. 26, n°3 : pp. 337-349.

Dugué P., Rogriguez L., Ouaba B. et Sawadogo I., 1994 : Les techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne. Manuel à l'usage des techniques du développement rural élaboré au Yatenga, CIRAD, 209p.

Dupriez H. et De Leener P., 1990 : Les chemins de l'eau : ruissellement, irrigation, drainage. Manuel tropical, Editions harmattan, 380p.

Eimbeck M., 1989-1990 : Facteurs d'érodibilité des sols limoneux : réflexion à partir du cas des Pays de Caux. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXV, 1-2 : pp.81-94.

FAO, 1996 : L'évolution des systèmes de production agropastorale par rapport au développement durable dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne, 162p.

Floret C. et Pontanier R. (éd, 2001) : De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. Actes du séminaire international de Dakar, 13 au 16 avril 1999, Jonh Libbey Eurotext, Paris, vol. 2, 356p.

Fournier A., 1991 : Phénologie – croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique, ORSTOM, Paris, 312p.

Fournier A., Serpantié G., Delhoum J. P. et Gattelier R., 2000. Rôle des jachères sur les écoulements de surface et l'érosion en zone soudanienne du Burkina Faso. Application à l'aménagement des versants. Dans Floret et Pontanier (éd., 2000). La jachère en Afrique

tropicale, John Libbey Eurotext : pp.179-188.

Groot J. J. R., Koné D., Traoré M., Soumaré A. et Meijboom F. W., 1995 : Système racinaire des cultures fourragères et des ligneux. *In* L'intensification agricole au Sahel. Henk et Keffing (Eds) : pp-205-223.

Grouzis M., 1983 : Les problèmes de désertification en Haute Volta : session de formation sur la conservation des eaux et des sols au sud du sahara. ORSTOM, EIER, Ouaga, 18p.

Grouzis M., 1988 : Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, BF). Thèse de doctorat d'état en sciences naturelles, ORSTOM, 336p.

Guillobez S. et Zougmore R., 1994 : Etude du ruissellement et de ses principaux paramètres à la parcelle (Saria, Burkina Faso). *In* Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Ed. John Libbey Eurotext, Paris : pp.319-329.

Guinko S., 1984 : Végétation de la Haute Volta. Aménagement et Ressource Naturelle. Thèse doctorat sciences naturelles, Bordeaux 3, , 318p + 84 annexes.

Hien F. N., 1995 : La régénération de l'espace sylvopastoral au sahel. Une étude de mesure de conservation dès eaux et des sols au Burkina Faso. Documents sur la gestion des ressources tropicales 7, Université Agronomique de Wageningen, 223p.

Hien V. et Zigani G., 1987 : La haie vive : un modèle d'intégration de l'ordre au système d'exploitation agricole et pastorale. CRDI, 60p.

Hiernaux P., De Leeuw P. N. and Diarra L., 1995. *The interactive effects of rainfall, nutriment supply and defoliation on the herbage yields of sahelian rangelands in mortheast Mali.* *In* Powel et al (éd., 1995) : pp. 337-352.

Hoogmoed W. B., 1999 : *Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics.* Wageningen university. *Tropical ressource Management Papers*, 24, 184p.

INERA, 1994 : Les systèmes de production dans la zone Ouest du Burkina Faso : potentialités, contraintes, bilan et perspectives de recherche, Ouagadougou, 48p.

Kaboré V. S., 1994 : Amélioration de la production des sols dégradés (zipellés) du Burkina Faso par la technique des poquets (zaï). Thèse de doctorat, Ecole polytechnique de

Louisanne, 199p + annexes.

Kerkhof P., 1991 : L'agroforesterie en Afrique. Editions Harmattan, Paris, 253p.

Kessler J. J. et Geerling C., 1994 : Le profil de l'environnement du Burkina Faso. Université agronomique de Wageningen, 63p.

Kessler N.F. et Boni J., 1991 : L'agroforesterie au Burkina Faso. *Tropical Resource Management Papers*, n°1, Wageningen agricultural university, 144p.

Kiepe P., 1995 : *No Runoff no soil loss : and water conservation in hedgerous system. Tropical Resource Management Papers 10, Wageningen agricultural university, 101p.*

Lamachère J. M. et Serpantié G., 1991 : Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champ cultivé en mil en zone soudano-sahélienne, Burkina Faso. Dans utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en aride : pp.165-178.

Le Mire Pecheux L., 1995 : Les graminées pérennes dans les milieux anthropisés des savanes soudaniennes : structure des populations, fonctions et usages de *Andropogon gayanus* kunth dans les champs du plateau de la région de Bondoukuy. Université Paris 12, ORSTOM Bobo, mémoire de DEA, 112p.

Maatman A., Sawadogo H., Schweigman C. et Ouedraogo A., 1998 : *Application of zaï and rock bunds in the nord west region of Burkina Faso. Study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model. Netherlands journal of Agriculture science, 46 : pp. 123-136.*

Maïga A., 1987 : L'arbre dans les systèmes agroforestiers traditionnels de la province de Bazéga : influence sur les cultures. In recueil des communications présentées au séminaire national sur les essences forestières locales, Ouaga. du 6 au 10juillet 1987 : pp.47-54.

Mando A. et Stroosnijder L., 1999 : *The biological and physical role of much in the rehabilitation of crusted soil in the sahel. Land use and management 15 : 123-130.*

Mando A., 1997 : *The role of termites and match in the rehabilitation of crusted sahelian soils. Thesis, Wageningen agricultural university, Tropical resource Management Papers, No16, 101p.*

Mando A., 1999 : *Integrated land management for food production in Burkina Faso : environmental institutional and socio-economical issues*, Rome, FAO, 97p.

Mando A., Kiepe P. et Stroosnijder L., 1999 : Effet des bandes d'*Andropogon gayanus* Kunth sur le ruissellement et la teneur en eau du sol. Dans bulletin réseau érosion 19, 1999, vol. 1 : pp.153.

Mando A., Zougmore R., Zombré N. P. et Hien V., 2000 : Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne. In Floret et Pontanier (éd., 2001), volume 2 : pp. 201-239.

Masse D., Bodian A., Cadet P., Chotte J. L., Diatta M., Faye E. H., Floret C., Kaire M., Sarr M., Manlay R., Pontanier R., Russel-Smith et Bernhard-Reversat F., 1998 : Importance des divers groupes fonctionnels sur le fonctionné des jachères courtes. In Floret (éd.,1998) : pp. 163-202.

Masse D., Donfack P., Floret C. et Seyni-Boukar L., 1995 : Réhabilitation de vertisols dégradés (sols hardés) au nord Caméroun. In Pontanier et al (éd., 1995). L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? : pp. 127-137.

Mayus M., 1999 : *Millet growth in weadbreak – shielded fields*. *Tropical ressource Management Papers*, n°21, Wageningen agricultural university, 259p.

Miéton M., 1986 : Méthode et efficacité de lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XVII, n°2 : pp.181-196.

Ministère de l'agriculture, 1999 : Résultats de l'enquête permanente agricole, campagne 1998/1999, DEP, 31p.

Moreau R., 1993 : Les principales couvertures pédologiques des régions principales d'Afrique centrale et de l'Ouest : répartition zonale, caractères généraux et utilisation. In gestion durable des sols et environnement en Afrique intertropicale. Thiombiano L., De Blic P. H., Bationo A. (éd., 2000) : pp-85-104.

Morel R., 1989 : Les sols cultivés. Techniques et documentations, Lavoisier, 337p.

Morin J., 1993 : *Soil crusting and sealing in west Africa and possible approaches to improved management in soil tillage in Africa : needs and challenges* FAO. *Soil Bulletin N°69* : pp. 95-128.

Ngaye T., 2000 : Influence des techniques de conservation des eaux et des sols sur les propriétés hydrodynamiques des sols et les performances du sorgho en zone soudano-sahélienne : cas des cordons pierreux et des bandes végétatives. Mémoire de fin d'études, UPB, IDR, 69p.

Nicou R., Ouattara B., et Somé L., 1987 : Etude des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au BF, INERA, 77p.

Nicou R., Ouattara B. et Somé L., 1990 : Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au Burkina Faso. *L'agronomie tropicale*, 45 (1) : pp. 43-57.

Ouattara B., Sedogo M. P., Lompo F. et Ouattara K., 1994 : Effets des techniques culturales sur l'alimentation hydrique en eau du sorgho et le bilan minéral du sol dans le plateau central du Burkina Faso. Dans bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. John Libbey Eurotext, paris, 1994 : pp.91-101.

Ouattara B., Serpantié G., Ouattara K., Hien V., Lompo F. et Bilgo A., 1997 : Etats physico-chimiques des sols cultivables en zone cotonnière du Burkina Faso. Effets de l'histoire culturale et du type de milieu. *In* Floret et Pontanier (éd., 1997).

Ouvry J. F., 1989-1990 : Effets des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par le ruissellement concentré. *In* Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXV, n°1-2 : pp.157-169.

Penning de Vries F. W. T. et Djitéye M. A., 1982 : La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Wageningen, 525p.

Pieri C., 1989 : Fertilité des savanes. Bilan de trente ans de recherches et de développement agricole au sud du Sahara, Ministère de la coopération, CIRAD, Paris, 444p.

Pontanier R, M'Hiri A., Aronson J., Akrimi A. et Le Floc'h E., 1995 : L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? John Libbey Eurotext, Paris, 455p.

Regis G. et Roy A. L., 1999 : Manuel pratique de conservation des sols d'Haïti. MARNDR, coopération française, 132p.

Reij C., Scoones I. et Toulmin C., 1996 : Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. Editions Karthala, 260p.

Renard C. et Vandenbeltdt R. J., 1990 : Bordure d'*Andropogon gayanus* Kunth comme moyen de lutte contre l'érosion éolienne au Sahel. L'agronomie tropicale, 45 (3) : pp 227-231.

Robert M., 1992 : Le sol, une ressource à préserver pour la production et l'environnement. Cahiers d'Agricultures vol. 1, n°1 : pp.20-34.

Rochette R. M., 1989 : Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences, CILSS/ PAC/ GTZ, 592p.

Roose E., 1971 : Influence des modifications du milieu naturel sur l'érosion, le bilan hydrique et chimique suite à la mise en culture sous climat tropical. Synthèse des observations en Côte d'Ivoire et Haute Volta, ORSTOM Abidjan, 16p.

Roose E., 1977 : Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesure en petites parcelles expérimentales. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°78, 108p.

Roose E., 1979 : Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous savane soudano-sahélienne : Saria, Haute Volta. Synthèse des campagnes 1971-1974, ORSTOM Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), 123p.

Roose E., 1981 : Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts technologiques et sociologiques des matières sous végétations naturelles ou cultivées. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°130, 569p.

Roose E., 1983 : Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique occidentale. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XX, n°4 : pp. 327-339.

Roose E., 1992 : Diversité des stratégies traditionnelles et modernes de conservation de l'eau et sols. Influence du milieu physique et humain en région soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. *In* l'Aridité une contrainte au développement. Le Flo'h E., Grouzis M., Cornet A., Bille J. C. (éd., 1992) 481-506.

Roose E., 1993 : Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. *In* Floret et Serpantié (éd., 1993) : pp. 233-244.

Roose E., 1994 : Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin Pédologique FAO, n°70, 420p.

Roose E., Kaboré V. et Guenate C., 1993 : Le zaï : fonctionnement, limites et amélioration d'une technique traditionnelle de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (BF). Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., XXVIII (2) : pp.159 – 173.

Sana Y., 1991 : Etude de quelques graminées fourragères de la zone soudanienne, évolution de la biomasse et de la composition morphologique ; évolution de la valeur nutritive. Mémoire de fin d'études, UO, ISN-IDR, 64p.

Sawadogo F., 1990 : Stade de développement, biomasse et valeur nutritive de quatre graminées fourragères ; *Brachiaria lata*, *Pennisetum pedicellatum*, *Panicum anabaptistum*, *Andropogon gayanus* . Mémoire de fin d'étude, UO, ISN-IDR, 114p.

Sawadogo L., 1989 : Etude de quelques espèces fourragères des pâturages naturelles de Gampéla et leur utilisation au niveau des ovins. Mémoire de fin d'étude, UO, ISN-IDR.

Sawadogo S., Nagy J. G. et Ohm W. H., 1985 : Technologies appropriées pour les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest. Purdue University, West la Fayette (USA), 430p.

Sedogo M. P., 1993 : Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse es-sciences, Université d'Abidjan, 285p.

Serpantié G. et Somé N. A., 1998 : Effets des jachères longues à Andropogonées sur la structure du sol et recherche sur son raccourcissement. Premiers résultats d'essais à Bondoukuy. *In* Actes du 2è FRSIT, 1998, Ouaga, CNRST.

Sicot M., 1978 : Cycle de l'eau et bilan hydrique dans les écosystèmes types de bassin versant de la mare d'Oursi. Analyse préliminaire des données recueillies en 1977 : critique des principes de base du bilan hydrique en milieu sahélien, DGRST ORSTOM, Ouaga, 76p multigr. + annexes.

Soltner D., 1987 : Les bases de la production végétale. Le climat : Météorologie - Pédologie - Bioclimatologie. Collection sciences et technique agricole, 4^{ème} édition, tome 2, 314p.

Span W. P., and Van Dijk K. J., 1998 : *Evaluation of the effectiveness of soil and water conservation measures in a closed sylvo-pastoral area in Burkina Faso. Advances in Geoecology No31 : pp. 1295-1301.*

Stroosnijder L. et Hoogmoed W. B., 1984 : *Crust formation and sandy soil in the sahel II : tillage and its effects on a water balance. Soil tillage resource 4 : 321- 337.*

Thiombiano L., 2000 : Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopayagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso. Thèse D'Etat, volume 1, 209p.

Trowborst K. O., 1994 : *Soil moisture reserve developpment at soil water conservation measures in Burkina Faso. Agronomic University Wageningen, 157p.*

Valentin C., 1981 : Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols des régions subdésertiques (Agadez-Niger). Dynamique de formation et conséquence sur l'économie en eau. Thèse 3è cycle, Université de Paris VII, 259p.

Van der Poel P. et Kaya B., 1992 : La régénération des végétations sur les terrains dénudés. Tests sur les berges du marigot à Kariko, Mali sud. Rapport de recherche, IER-KIT, 29p.

Young A., 1995 : L'agroforesterie pour la conservation du sol. Wageningen, 194p.

Zombré N. P., Mando A. et Ilboudo J. B., 2000 : Impact des conservations des eaux et des sols sur la restauration des jachères très dégradées au Burkina Faso. *In* la jachère en Afrique de l'Ouest. Rôles, Aménagements et Alternatives. Floret et Pontanier (éd.,2000), vol. 1 : pp. 771-777.

Zonou K., 1987 : Contribution à l'étude de quelques graminées fourragères des pâturages naturelles de Gampéla. Mémoire de fin d'étude, UO, ISN-IDR.

Zougmoré R., 1991 : Contribution à l'étude du ruissellement et de l'érosion à la parcelle ; influence des principaux paramètres : Précipitation, Rugosité du sol, Etats de surface, humidité du sol en surface. Mémoire de fin d'études, ISN-IDR, UO, 89p.

Zougmoré R., 1995 : Etude des techniques de récupération des zipellés à l'aide du zaï et/ou du paillage (Nioniogo). Rapport INERA / CES / AGF, 47p.

Zougmoré R., Kambou F. N., Ouattara K. et Guillobez S., 2000 : *Sorghum-cowpea intercropping : an effective technique against runoff and soil erosion in the Sahel (Saria, Burkina Faso)*. *Arid Soil Research and rehabilitation* 14 : 329-342.

Zougmoré R., Guillobez S., Kambou F. N. et Son G. , 2000 : *Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid sahelian zone*. *Soil and tillage Research* 56 : 175-183.

Zougmoré R., Zida Z. et Kambou F. N., 1999 : Réhabilitation des sols dégradés : rôles des amendements dans le succès des techniques de demi-lunes et de zaï au sahel. *In Bulletin Réseau Erosion* 19, 1999, volume 1 : pp.536-543.

Annexes

Annexe 1 : Détermination du pHeau et du pHKCl

I - Principe

Le pH est déterminé par mesure potentiométrique d'une suspension de sol/solution dans un rapport de 1 / 2,5.

II – Matériels et réactifs

Balance de précision, agitateur à secoueur avec mouvement de va et vient ; un pHmètre avec électrode combinée ; pissette et eau distillée ; KCl 1N ; solution tampon pH = 4 et pH= 7 pour étalonner convenablement le pHmètre.

iii – Mode opératoire

On introduit 20 g de terre fine dans une boîte et ajouter 50 ml d'eau distillée. Secouer pendant 1 h à la fréquence de 50 va et vient par minute. Laisser reposer pendant 30 mn. Standardiser le pHmètre à l'aide des solutions tampons. Introduire l'électrode combinée dans la solution de sol en évitant que de toucher au dépôt de terre de fond. Lire le pHeau après stabilisation de l'appareil. Retirer l'électrode, le rincer à l'eau distillée, le sécher et passer à la mesure d'un autre échantillon. Après la mesure du pHeau rajouter 3,7 g de KCl, agiter pendant 30 mn et prendre le pHKCl.

Annexe 2 : Méthode d'analyse de l'azote total

I – Principe

On effectue une minéralisation kjeldhal par attaque d'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur à base de sélénium, ce qui convertit l'azote organique en sulfate d'ammonium. Les nitrates et les nitrites ne sont pas convertis. L'ammonium ainsi formé est dosé par colorimétrie automatique dont le principe est fondé sur la réaction modifiée de Berthelot : l'ammonium est chloré en chlorure d'ammonium qui réagit avec le salicylate pour former la 5 - aminosalicylate. Après oxydation par couplage, il se forme un complexe vert dont l'absorbance est mesurée à 660 nm.

II – Appareillage

- balance de précision et tubes de minéralisation ;
- minéralisateur et un auto-analyseur <<Skalar>>.

III – Mode opératoire

- Peser 2,5 g de sol broyé à 0,2 mm dans un tube de minéralisation. Ajouter 1g de catalyseur, puis ajouter lentement 5 ml d'acide sulfurique concentré et agiter. On attaque à : 100°C pendant 1 h ; 300°C pendant 30 mn ; 350°C pendant 3h30mn. Après refroidissement, diluer avec de l'eau déminéralisée et laisser refroidir de nouveau et transvaser dans des fioles de 200 ml. La décantation se fait pendant une nuit.

Remarque : Pour décanter le système, rincer avec une solution diluée au 1/ 1000 d'eau de javel à 12°C pendant 30 mn.

Annexe 3 : Méthode phosphore assimilable (Olsen III)

I – Principe

Le phosphore assimilable est extrait par une solution de bicarbonate de sodium et fluorure d'ammonium tamponnée à pH 8,5. Le Passimilable étant dosé par colorimétrie automatique selon la réaction suivante : le molybdate d'ammonium et le potassium antimonyoxytartrate réagissent avec des solutions diluées de phosphate pour former le complexe antimony-phospho-molybdate. Ce complexe est réduit en milieu acide ascorbique en un complexe bleu dont l'absorbance est mesurée à 880nm.

III – Mode opératoire

- Introduire 1g de terre fine à 2 mm dans un tube à centrifuger de 100ml. Ajouter 50ml de la solution d'extraction à l'aide d'une dispensette, puis agiter 1h à l'agitateur va- et- vient. Centrifuger 5mn à 3000 tours/mn.

- Introduire 20 ml de surnageant dans un flacon plastique
- Ajouter goutte à goutte et en agitant 1,5 ml d'acide sulfurique
- Agiter et laisser se dégager le gaz carbonique
- Laisser reposer une nuit
- Filtrer dans des flacons plastiques

Remarque : Pour décontaminer le système, rincer avec de la soude 0,5N pendant 30 mn.

Annexe 4 : Carbone total (méthode Walkhley-Black)

I – Principe

Le carbone est oxydé par un excès de bicarbonate de potassium en milieu acide sulfurique concentré. L'excès du bicarbonate est dosé par le sel de Mohr.

II – Appareillage

Une balance de précision et burette ont été utilisées

III – Mode opératoire

Peser dans un erlenmeyer au maximum 10g de sol broyé à 0,2 mm. Ajouter 10ml de la solution de bicarbonate de potassium et Verser lentement 20ml d'acide sulfurique concentré. Ensuite on laisse réagir 3 h. Après refroidissement doser avec le sel de Mohr en présence de dyphylamine.

V – Calculs

T_{sm} = titre du sel de Mohr

V_{sm} = volume du sel de Mohr

T_b = titre du bicarbonate de potassium

V_b = volume du bicarbonate de potassium

P = prise d'essai

Titration du sel de Mohr

$T_{sm} = V_b \times T_b / V_{sm}$

Carbone (mg/g) = $V_b (T_b - V_{sm} \times T_{sm}) \times 3,9 / P$

Matière organique (%) = $C (mg/g) \times 0,1724$

Remarque : le volume du sel de Mohr doit être compris entre 7 et 15.

Annexe 5 : Dosage du potassium

I – Principe

Le dosage du potassium (K) se fait par absorption atomique. K est vaporisé dans une flamme. Il absorbe une longueur d'onde spécifique quand il est sous forme atomique, le rayonnement d'une lampe traversant cette flamme. L'absorption est proportionnelle à la concentration de l'échantillon en cet élément.

II – Appareillage

- diluteur Hamilton Microlab 1000
- Spectrophotomètre d'absorption atomique VARIAN AA10

III – Dosage

- Gamme étalon : chaque point de gamme est une solution de potassium de concentration 6 mg/l. Le volume de la solution à 1g/l pour 100 ml est de 0,6 ml. Cette solution est complétée à 100 ml avec de l'eau distillée puis on y ajoute 5 ml de la solution de lanthane. Les programmes du diluteur sont calculés pour ajouter également à la solution de lanthane après dilution.

- Dilution : les dilutions de l'échantillon se font avec de l'eau distillée
- Réglage du spectrophotomètre

Le potassium absorbe la longueur d'onde de 766,5 nm, avec une fente de 1nm et l'intensité de la lampe étant de 5mA.

Annexe 6 : Calendrier des principales activités culturales

| Dates | Opérations culturales |
|-------------------|--|
| 11/07/01 | Grattage manuel et application du compost |
| 13/07/01 | Semis du sorgho |
| 24/07 au 27/07/01 | Creusage des fosses |
| 28/07/01 | Installation des placettes de ruissellement et des fûts |
| 13/08/01 | Apport de NPK (100 kg/ha) et sarclage |
| 16/08/01 | Démariage et repiquage du sorgho |
| 28/08/01 | 1 ^{ère} coupe des bandes d'Andropogon (TB1 et TB2) |
| 17/09/01 | Urée 500 g/parcelle et sarclo-binage |
| 22/09/01 | 2 ^{ème} coupe des bandes d'Andropogon (TB2 seulement) |
| 5/11/01 | Récolte du sorgho |
| 6/11 au 8/11/01 | Mesure de la radiation solaire |
| 9/11/01 | Récolte d'Andropogon |