BURKINA FASO
Unité Progrès Justice
=-=-=-=

Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie

=-=-=-=

Secrétariat Général

=-=-=-=

Ecole Nationale des Eaux et Forêts

01 BP 1105 Bobo Dioulasso 01
TEL: (226) 98-06-89
(226) 97-10-96

Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique

=-=-=-=

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)
=-=-=-=-=-=

Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (CREAF) de Kamboinsé

TEL: (226) 31-92-02/08

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Inspecteur des Eaux et Forêts
4ème Promotion

Thème :

ETUDE DE L'IMPACT DU TRAVAIL DES CHARRUES *DELPHINO* ET *TRENO* SUR LE SOL ET LA VEGETATION DES TERRES DEGRADEES DU SOUM (BURKINA FASO)

Présenté par :

T. Serges ZOUBGA

Soutenu le 06 novembre 2002 devant le jury composé de :

Président :

Dr Antoine SOME

Membres :

Dr Souleymane GANABA

Dr Adama DIALLO

Jean Chrysostome PIZONGO

Maître de stage

Dr Léopold SOME

DEDICACE

«Et voici, Je suis avec vous tous les jours jusqu'à la fin du monde. »

(Matthieu 28, 20)

A mon épouse Claire,

A mes enfants Céphas Wendyam et Syntyche Ten-Nguésé,

A Zénabou Somtoré ,

Vous avez été pour moi ce qu'ont été Moïse, Ur et Aaron pour Josué.

Je vous dédis le présent mémoire,

en reconnaissance de vos nombreux sacrifices.

Puisse Dieu nous bénir abondamment.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE I
SOMMAIRE II
REMERCIEMENTS IV
SIGLES ET ABREVIATIONS VI
LISTE DES CARTES VII
LISTE DES SCHEMAS VII
LISTE DES FIGURES VII
LISTE DES TABLEAUX VIII
LISTE DES ANNEXES VIII

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 4

1.1. LE SOL ET SES FONCTIONS 4
1.2. PROCESSUS DE DEGRADATION DES SOLS 5
1.3. DEFINITIONS ET EFFETS DU TRAVAIL DU SOL 7
1.4 . LE TRAVAIL DU SOL PAR LES CHARRUES *DELPHINO* ET *TRENO* 8
1.5 LES PROCESSUS DE REHABILITATION DES TERRES DEGRADEES 11

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE MILIEU PHYSIQUE 13

2.1. PRESENTATION DE LA PROVINCE DU SOUM 13
2.1.1 Introduction *13*
2.1.2 Le climat *15*
2.1.3 Les formations végétales *17*
2.1.4 Géologie *21*
2.1.5 Les sols *23*
2.1.6. Activités socio-économiques *24*

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES 27

3.1 CHOIX DES SITES 27
3.1.1 Le site de Borghiendé *27*
3.1.2 Le site de Gaïkgoata *27*
3.1.3 Le site de Sô *27*
3.2 LES DEMI-LUNES ET LES SILLONS CLOISONNES 28
3.3 ENQUETE AUPRES DES POPULATIONS BENEFICIAIRES SUR L'IMPACT DES AMENAGEMENTS 30
3.3.1 Objectifs *30*
3.3.2 Protocole d'enquête *30*
3.3.3 Déroulement de l'enquête *31*
3.4 ETUDE DE L'IMPACT DU TRAVAIL DES CHARRUES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET HYRODYNAMIQUES DES SOLS 31
3.4.1 Dispositif expérimental *31*
3.4.2. Echantillonnage et paramètres mesurés *32*

3.5 ETUDE DE L'IMPACT DU TRAVAIL DES CHARRUES SUR LA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION 37
3.5.1 Etude de la strate herbacée *37*
3.5.2 Etude de la strate ligneuse *41*
3.6 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES 43
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS 44
4.1. ENQUETE AUPRES DES POPULATIONS BENEFICIAIRES SUR LES AMENAGEMENTS 44
4.1.1 Caractéristiques de l'échantillon *44*
4.1.2. Perception paysanne du travail des charrues Delphino et Tréno *45*
4.1.3 Aperçu sur l'impact agrosylvopastoral *46*
4.1.3 Impact socio-économique *49*
4.1.4 Gestion des sites et perspectives *49*
4.2 ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS 50
4.2.1 Caractérisation des micro-bassins *50*
4.2.2 Texture des sols *51*
4.2.3 Humidité des sols *54*
4.2.4. Caractéristiques chimiques des sols *58*
4.3 ETUDE DE L'IMPACT DU TRAVAIL DES CHARRUES SUR LA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION 62
4.3.1 Impact sur la strate herbacée *62*
4.3.2 Impact sur la strate ligneuse *71*
CONCLUSION GENERALE 84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 87
ANNEXES 91

REMERCIEMENTS

Ce stage a été rendu possible grâce à l'appui matériel et financier du Projet de Développement des Evaluations Environnementales (PDEVE) de la Direction Générale de la Préservation de l'Environnement (DGPE) et du projet LCD 83 de l'INERA.

Aussi, voudrions-nous à travers ces lignes, témoigner notre gratitude aux nombreuses personnes qui nous ont consacré leur temps et nous donner leurs appuis/conseils multiformes.

Nous voudrions particulièrement remercier :

- Monsieur Michel Yaméogo ancien Directeur Général de la Préservation de l'Environnement et ses collaborateurs qui nous ont accueilli en leur sein ;
- Monsieur Léopold Somé à l'INERA/CREAF de Kamboisé, qui nous offert son précieux encadrement ;
- Monsieur Victor Hien coordonnateur du projet LCD 83 à l'INERA/CREAF de Kamboisé, pour son appui;
- Monsieur Jean Lingani du PDEVE pour toutes les facilités qu'il nous a accordé lors des sorties de terrain et pour la documentation ;
- Messieurs B. Ousmane Diallo, Tibi Guissou, Abdoulaye Mando pour leurs amendements ;
- Messieurs Désiré Somé coordonnateur du PDES II, Valentin Kientéga au Projet Front de Terre/Ceinture Végétale, Ibrahim Lankoandé à l'ENEF, Issiaka Belem de l'Unité de Récupération, pour leurs appuis divers ;
- Monsieur Bayilé Mamadou DPEEF Soum et ses collaborateurs pour toutes les facilités qu'ils nous ont accordé lors de la collecte des données;
- Messieurs Tigana Lodoun, Cheik Sangaré , Soungalo Traoré de l'ONG ADRA/BURKINA, Edmond Zongo pour leurs appuis et leurs conseils ;
- Monsieur Georges Nassa au PDES II pour son hospitalité ;
- Nos frères, sœurs, notre belle-famille pour leurs précieuses prières et soutiens divers;

- Nos camarades de classe Adama, Pascal, Kisito, Moussa, Jean Bosco et Amani Garba pour leur sympathie et amabilité ;
- Nos amis de Djibo, l'Eglise des AD de Djibo, les paysans des villages de Borghiendé, Gaïkgoata et Sô pour leur accueil;
- L'Eglise Réformée des AD de Cissin pour ses incessantes intercessions ;
- Monsieur Tamini Philippe au Parc Urbain « Bãngr-Wéoogo », pour son soutien à la saisie et la mise en forme de ce mémoire ;

A tous nous disons, « L'homme peut tout ou presque tout oublier, mais Dieu n'oublie jamais ».

SIGLES ET ABREVIATIONS

ADRA : Agence Adventist d'Aide et de développement

CEC : Capacité d'Echange Cationique

CES : Conservation des Eaux et des Sols

DM : Direction de la Météorologie

DREP/S : Direction Régionale de l'Economie et du Plan du Sahel

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et de l'Alimentation

FAMVH/GRET : Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire d'Haïti/Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques

GPS : Global Positioning System

GV/CV: Groupement Villageois/Comité villageois

MECV : Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie

MET: Ministère de l'Environnement et du Tourisme

MO : Matière Organique

OAE : Ouvrages Anti-Erosifs

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PA : Parcelle Agroforestière

PAE : Projet Agro-Ecologie

PDES : Projet de Développement de l'Elevage du Soum

Projet GCP : Projet GCP/RAF/303/ITA « Forêts et Sécurité Alimentaire en Afrique sahélienne »

PSB : Programme Sahel Burkinabè

PS : Parcelle Sylvopastorale

PSSA : Programme Spécial pour la Sécurité Alimentaire

SPAI : Sous-Produits Agro-Industriels

SRAT : Schéma Régional d'Aménagement du Territoire

UTM: Universal Transverse Mercator

LISTE DES CARTES

Carte n° 1 : Localisation de la province du Soum et des sites d'étude.....14

Carte n° 2 : Végétation du Soum, Extrait SRAT/DREP/S, (2001).....20

Carte n° 3 : Esquisse pédologique du Soum ;.....22

LISTE DES SCHEMAS

Schéma n° 1 : Processus de dégradation des sols proposé par BOUSQUET(1997).6

Schéma n° 2 : Processus de rèhabilitation des sols dégradés.....11

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 : Evolution de la pluviométrie d'Aribinda de 1980 à 2001 16
Figure n° 2 : Evolution de la pluviométrie de Djibo de 1980 à 2001 16
Figure n° 3 : Taux de sable, d'argile et de limon des parcelles à 0-15 cm 51
Figure n° 4 : Taux de sable, d'argile et de limon des parcelles à 15-30 cm 52
Figure n° 5 : Humidité pondérale moyenne des parcelles au mois de juin.....54
Figure n° 6 : Humidité pondérale moyenne des parcelles au mois de juillet.....55
Figure n° 7 : Humidité pondérale moyenne des parcelles au mois d'août 56
Figure n° 8 : Taux de N et de P des parcelles 0-15 cm de profondeur.....58
Figure n° 9 : Taux de N et de P des parcelles 15-30 cm de profondeur.....58
Figure n° 10 : Taux de K, C et de M.O des parcelles 0-15 cm de profondeur.....59
Figure n° 11: Taux de K, C et de M.O des parcelles 15-30 cm de profondeur.....59
Figure n° 12 : pH des parcelles 0-15 cm de profondeur.....60
Figure n° 13 : pH des parcelles 15-30 cm de profondeur.....60
Figure n° 14: Fréquence (N/HA) des espèces ligneuses par parcelle.....72
Figure n° 15 : Densité des pieds de Acacia senegal par classe de diamètre 77
Figure n° 16 : Densité des pieds de Acacia raddiana par classe de diamètre.....77
Figure n° 17 : Densité des pieds de Acacia seyal par classe de diamètre 78
Figure n° 18 : Densité des pieds de Ziziphus mauritiana 78
Figure n° 19 : Densité des pieds de Acacia senegal par classe de hauteur.....79
Figure n° 20 : Densité des pieds de Acacia raddiana par classe de hauteur.....79
Figure n° 21 : Densité des pieds de Acacia seyal par classe de Hauteur.....80
Figure n° 22 : Densité des pieds de Ziziphus mauritiana par classe de hauteur.....80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Composition de l'échantillon d'enquête.....44

Tableau 2 : Appréciations paysannes de la durée de vie des demi-lunes et des sillons en nombre de saisons. 45

Tableau 3 : Profondeur moyenne (cm) des ouvrages par parcelle sylvopastorale.....50

Tableau 4 : Texture des sols des micro-bassins par parcelle de 0 – 30 cm de profondeur 53

Tableau 5 : Composition floristique, fréquence spécifique (Fsi) et contribution spécifique(CSi) des espèces herbacées par parcelle sylvopastorale 65

Tableau 6 : Espèces productrices et leur contribution spécifique par parcelle 67

Tableau 7 : Biomasse en Kg MS/ ha du tapis herbacé par type de parcelle 69

Tableau 8 : Capacité de charge des parcelles 70

Tableau 9 : Composition floristique des ligneux et espèces dominantes(%) par type de parcelle 71

Tableau 10 : Densité des pieds régénérés par parcelle 73

Tableau 11 : Densité (N/Ha) et recouvrement (R%) des formations ligneuses par parcelle 75

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Caractéristiques techniques de la charrue *Delphino*

Annexe II : Schéma d'ensemble des demi-lunes réalisées à l'aide de la *Delphino*

Annexe III : Caractéristiques techniques de la charrue *Tréno*

Annexe IV : Fiche d'enquête

Annexe V : Caractérisation des parcelles expérimentales et témoins

Annexe VI : Plans des parcelles et des placettes d'étude

Annexe VII : Fiche d'enregistrement des points quadrats

Annexe VIII : Humidité pondérale moyenne des parcelles

Annexe IX : Résultats de l'analyse physico-chimique des sols

Annexe X : Composition floristique des ligneux

Annexe XI : Densité et proportion des principales espèces ligneuses

Annexe XII : Structure et stratification des principales espèces ligneuses

INTRODUCTION

Située au nord du Burkina Faso, entre 13°45'et 14°49' de latitude Nord et 0°30' et 2°08' de longitude Ouest, la province du Soum est confrontée à une dégradation continue et accélérée de ses ressources naturelles.

En effet, à l'instar d'autres régions du pays, les conditions climatiques, la pression démographique et la pauvreté accrue des sols ne permettent plus un maintien de l'équilibre entre l'exploitation faite par l'homme des ressources naturelles et leur régénération dans le temps (VAN DER *et* KAYA , 1992 *in* MANDO *et al.*, 1999).

Ainsi, la dégradation des terres a abouti à une apparition et une extension d'espaces dénudés et encroûtés qui rendent précaire, le développement des activités agricoles et pastorales. Les conséquences socio-économiques et culturelles de ce phénomène sont assez diverses parmi lesquelles, il y a les famines, la multiplication des conflits sociaux et fonciers, l'abandon de vastes superficies inexploitables, les migrations de populations à la recherche de terres fertiles et de pâturage pour le bétail etc.

C'est alors qu'une nécessité d'entreprendre des actions visant à casser la croûte* de battance des sols et d'améliorer leur capacité de stockage en eau et de production, s'est vite imposée. Pour ce faire, des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) sont entreprises depuis les années 80 par les populations avec l'appui de nombreux projets et d'ONG. Au nombre de ces techniques figurent les cordons pierreux, les digues filtrantes et le zaï à une échelle encore faible.

Malgré ces interventions et l'intégration de la lutte anti-érosive dans les techniques culturales de base, force est de constater que la dégradation des terres va en s'accentuant. C'est dans le cadre de la recherche de solutions adéquates que la FAO, à travers le Projet GCP/RAF/303/ITA « Forêts et Sécurité Alimentaire en Afrique Sahélienne», a introduit en 1997 au Burkina Faso, « le système VALLERANI**». C'est une technologie basée sur le travail du sol et qui comporte :

- une charrue *Delphino,* qui permet la réalisation mécanique d'ouvrages anti-érosifs ou micro-bassins sous forme de demi-lunes ;
- une charrue *Tréno,* qui permet de creuser des sillons cloisonnés.

---

* due au choc des gouttes de pluie et qui ouvre généralement la voie à des formes d'érosion hydrique

** Concepteur des charrues *Delphino* et *Tréno*

Ces outils ont été expérimentés dans les provinces du Soum et du Lorum, en vue de récupérer de vastes superficies de sols dénudés à des fins de production agrosylvopastorale.

Ainsi, le travail du sol à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno,* combiné à des techniques traditionnelles d'exploitation (associant l'apport de matière organique), pourrait être une méthode viable de lutte contre la désertification en général et de réhabilitation des terres dégradées en particulier.

Les résultats enregistrés pendant la phase expérimentale ont suscité l'intérêt et la curiosité de nombreux responsables de projets, d'ONG et des populations bénéficiaires et la technologie est en passe d'être vulgarisée.

Cependant, force est de reconnaître que le niveau des connaissances sur l'impact du travail du sol à l'aide des charrues est encore faible. Parmi les interrogations qui subsistent, deux ont particulièrement retenu notre attention à savoir :

- comment le travail des charrues *Delphino* et *Tréno* et les aménagements connexes influencent-ils l'évolution des caractéristiques physique, chimique et hydrodynamique des sols ?
- quelles sont les potentialités du couvert végétal régénéré sur les parcelles travaillées ?
- Le travail du sol et les aménagements effectués répondent-ils aux attentes des populations bénéficiaires en matière de restauration de la productivité des terres dégradées?

C'est pour répondre à ces interrogations qu'a été initiée la présente étude sur le thème « Etude de l'impact du travail des charrues *Delphino* et *Tréno* sur le sol et la végétation des terres dégradées du Soum».

Ainsi, les objectifs spécifiques poursuivis sont :

- évaluer l'humidité des sols dans les demi-lunes et les sillons cloisonnés ;
- apprécier l'évolution physique des micro-bassins et leur capacité de stockage en eau;
- analyser la granulométrie des sols travaillés pour déterminer leur texture ;
- évaluer le pH et les taux de matière organique, d'azote total, de carbone total, de phosphore total, de potassium total en vue d'apprécier la fertilité des sols;

- apprécier l'évolution de la végétation ligneuse et herbacée en termes de diversité floristique, de biomasse, de densité et de recouvrement, et
- recueillir les appréciations des populations bénéficiaires sur l'impact du travail du sol à l'aide des charrues.

Pour parvenir à cette fin, nous avons formulé les trois axes de recherche suivants:

1. enquête auprès des populations bénéficiaires sur l'impact du travail du sol par les charrues et des aménagements associés ;
2. étude de l'impact du travail des charrues sur les caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamiques des sols ;
3. étude de l'impact du travail des charrues sur la dynamique de la végétation.

La régénération du tapis herbacé est un des signes majeurs de récupération des sols. Son rôle dans l'alimentation du bétail est primordial, d'où l'intérêt de cette ressource dans une zone d'élevage comme la province du Soum. C'est pourquoi, notre étude sera abordée sous l'angle de l'évaluation comparative du potentiel végétal des sites travaillés à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno*.

Le présent mémoire qui rapporte les résultats de notre étude est structuré comme suit :

- synthèse bibliographique sur le travail du sol, les charrues *Delphino* et *Tréno* et sur les processus de dégradation et de réhabilitation des sols ;
- généralités sur le milieu physique;
- matériel et méthodes d'étude ;
- résultats et discussions.

La dernière partie est consacrée à une conclusion générale sur les résultats acquis et à des perspectives que nos travaux de recherche envisagent dans le domaine de l'étude de l'impact du travail des charrues sur le sol et la végétation des terres dégradées.

Cette synthèse va porter sur :

- le sol et ses fonctions ;
- les processus de dégradation;
- définition et effets du travail du sol ;
- les charrues *Delphino* et *Tréno* et les micro-bassins
- les processus de réhabilitation des sols dégradés.

1.1. LE SOL ET SES FONCTIONS

Ce paragraphe présente les différentes phases du sol qui seront influencées par le travail des charrues *Delphino* et *Tréno* en vue sa réhabilitation.

En effet, le sol est un milieu poreux, soumis à des aléas divers, dans lequel on distingue trois(3) phases d'après la F.A.M.V.H/GRET(1989) :

- Une phase solide constituée de particules minérales provenant de la dégradation des roches et de particules organiques issus de la décomposition des végétaux ;
- Une phase liquide ou solution du sol, constituée par l'eau circulant dans le sol et dissolvant les éléments solides ;
- Une phase gazeuse constituée par l'air circulant dans le sol et permettant la respiration des racines et de certains micro-organismes. Les gaz dégagés par les activités biologiques modifient la composition de l'atmosphère du sol.

Le dysfonctionnement d'une de ces phases se répercute sur l'ensemble de la fonction du sol et pourrait entraîner sa décadence. Celle-ci peut se traduire par l'encroûtement qui va empêcher l'infiltration et réduire le stock d'eau. Un tel état va nécessiter un travail du sol.

Le sol, selon MANDO (1999), accomplit diverses fonctions qui sont : fonction de production de biomasse, fonction de régulation et de protection de l'environnement, fonction d'habitat biologique et de réservoir de gênes.

CHAPITRE I :

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.2. PROCESSUS DE DEGRADATION DES SOLS

Cette partie traite des différents facteurs qui interagissent dans la détérioration des qualités productrices du sol, afin d'identifier la contrainte à lever par le travail des charrues pour rompre ces processus.

La dégradation des terres est un processus multidimensionnel induit par des phénomènes naturels (agressivité du climat, sensibilité de la terre à la dégradation) et humains et qui provoquent la baisse des capacités de production de la terre par rapport à un système d'utilisation donné (MULDERS *et* WIERSUM, 1995 *in* BOUSQUET, 1997).

De ce fait, la dégradation selon MANDO *et al.* (1999), résulte de l'utilisation abusive d'une fonction du sol au détriment des autres. ROOSE (1994), ajoute que la dégradation pourrait alors être comprise comme la succession dans le temps et l'espace de divers processus de détérioration du milieu aux plans physique, biologique et chimique.

Les formes de dégradation des sols qu'on peut rencontrer dans le Soum se manifestent par la perte de terre par l'érosion hydrique et éolienne, la diminution de nutriments à cause de la fumure insuffisante, l'acidification du sol et de la perte de M.O. organique

Il existe selon BOUSQUET(1997), des interactions entre ces différentes formes de dégradation qui toutes, font partie d'un même processus global de détérioration des caractéristiques du sol.

Toute forme de dégradation entraîne des conséquences sur la fertilité du sol. La M.O est garante du bon état physique, hydrique et biologique du sol.

La diminution du stock de M.O. favorise la poursuite des dégradations, qui peuvent suivre les enchaînements suivants :

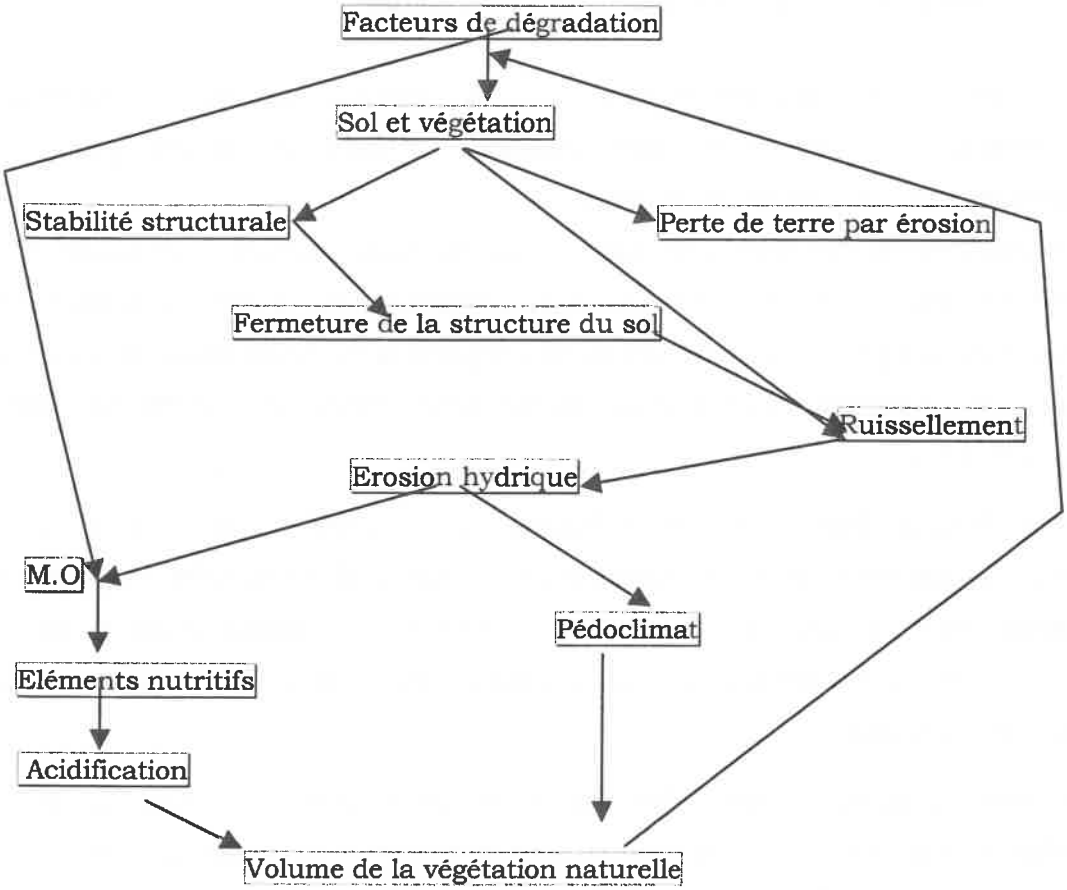


Schéma n° 1: Processus de dégradation des sols proposé par BOUSQUET(1997).

Sous l'effet de divers facteurs, la minéralisation de la M.O peut conduire à l'acidification des sols qui affectera l'évolution de la biomasse végétale. En effet, la baisse du taux d'humus entraîne une réduction de la capacité de rétention de l'eau et de la CEC. La stabilité structurale diminue également.

La formation de croûte de battance limite l'infiltration de l'eau, la végétation souffre d'aridité, le couvert végétal se réduit et protège mal le sol. Les eaux de ruissellement qui se concentrent peuvent engendrer une érosion en ravines, les pertes de terre par transport et la diminution des résidus végétaux. Ainsi, une forme de dégradation peut induire une autre.

L'adoption de mesures de réhabilitation doit tenir compte de la sensibilité du sol (pente, granulométrie, structure, MO, perméabilité) et des facteurs climatiques (intensité des pluies, violence des vents, températures élevées).

Le travail du sol à l'aide des charrues vise à rompre ces processus en brisant la croûte pour accroître l'infiltration et réactiver les processus biologiques.

1.3. DEFINITIONS ET EFFETS DU TRAVAIL DU SOL

Le travail du sol peut se définir comme la manipulation, généralement mécanique, des propriétés physiques du sol, considérées comme nécessaires pour une meilleure production agricole (HOOGMOED, 1999). Le travail du sol a pour rôle de créer une fissuration et d'augmenter la porosité totale des horizons superficiels du sol (MANDO *et al.*, 2000).

Selon NICOU *et al.* (1990), cet accroissement de la porosité globale, qui peut paraître faible(10 à 20 %), a pourtant des conséquences très importantes pour le développement du système racinaire des cultures annuelles.

La technique fondamentale de travail du sol qui fait la force des charrues *Delphino* et *Tréno* est sans doute le sous-solage.

HERBLOT (1984, *in* MANDO *et al.*,op. cité), a montré qu'après un sous-solage de 0,20 m de profondeur, on obtient des ouvrages constituant un piège efficace pour l'eau de pluie. La terre est éclatée sur 0,60 m à un mètre en surface et jusqu'à 1,30 m lorsque la profondeur atteint trente centimètres.

Des travaux réalisés au Sourou par BARRO et al.(1993 *in* MANDO et al op.cité), ont montré que la profondeur d'enracinement maximale du sorgho est de 25 cm en situation non-décompactée contre 35 cm en situation décompactée. Le travail du sol améliore l'état de celui-ci en augmentant sa porosité (COULOMB *et al.,* 1993; NICOU, 1977) et selon la structure par un bouleversement de l'organisation spatiale des pores et des éléments solides du sol.

L'effet bénéfique du travail du sol ne fait pas l'unanimité chez les auteurs. Ainsi, OUATTARA (1994) et OUATTARA *et al.*(1994) ont montré que les paramètres caractéristiques de l'infiltration d'un sol ferrugineux baissent avec la durée de sa mise en culture, quelles que soient la nature et l'intensité des pratiques culturales. Ce phénomène est encore remarquable quand le labour n'est pas suivi d'apport de matière organique.

Cependant, tous acceptent que le labour permet d'améliorer la sorptivité capillaire comparativement à un sol non travaillé.

Pour NICOU (1977), l'efficacité du travail du sol reste liée aux conditions pédoclimatiques, notamment l'état d'humidité du sol. On pense dans ce sens que le travail léger du sol associé au paillage dans les zones humides ou le travail généralisé et profond dans les zones tropicales semi-arides seraient plus efficaces (OUATTARA *et al.*, 1998; MANDO *et al.*, 2000).

Par rapport à l'effet du travail du sol sur le développement de la végétation, particulièrement des cultures, on observe que les rendements augmentent dans les conditions où le travail du sol est associé à des amendements minéraux ou organiques. Ceci se justifie d'après NICOU *et al.* (1990) par l'enracinement plus intensif consécutif à l'augmentation de la porosité et partant du stock d'eau disponible.

HOOGMOED (1999) affirme que l'influence du travail du sol sur les processus de régulation de la croissance des plantes dépend de l'équilibre hydrique du sol. Toutefois, l'augmentation des rendements est liée à une grande absorption d'éléments nutritifs (apport de matière organique ou d'engrais minéraux dans de bonnes conditions), sans lesquels pour PIERI (1989), le travail du sol ne fait qu'augmenter son appauvrissement, de sorte que les rendements baissent à long terme.

1.4 . LE TRAVAIL DU SOL PAR LES CHARRUES *DELPHINO* ET *TRENO*

L'utilisation des charrues requiert un tracteur d'au moins 180ch de puissance.

⇨ **la Delphino** (planche 1) est une charrue monosoc portée non réversible (Modèle 50 MI/CM), équipée d'un décrattoir, d'une sous-soleuse de lames antérieures, d'un couteau, d'une pompe hydraulique et d'un dispositif de soulèvement. Elle comporte deux (2) parties :

- une partie fixée directement au tracteur, comportant un couteau et une sous-soleuse, qui travaillent en permanence ;
- une partie mobile constituant la charrue proprement dite, avec un soc, un versoir, deux ailettes latérales et une petite sous-soleuse en bas.

Les caractéristiques de la charrue *Delphino* sont présentées en annexe I.

En théorie l'unité tracteur-*Delphino* peut réaliser selon la nature du sol entre 10 et 15 demi-lunes à la minute, soit en moyenne 7000 demi-lunes par jour.

L'écartement entre les lignes de demi-lunes serait lié à la pluviosité. Ainsi, il est préconisé un écartement de 3 à 4 m pour une pluviométrie moyenne annuelle de 300 à 350 mm et de 5 à 7 m lorsque celle-ci est de 200 mm.

A cause de la non-réversibilité de la *Delphino*, les demi-lunes d'une ligne sur deux ont leur croissant orienté perpendiculairement à la pente.

Planche n° 1:La charrue *Delphino* **Ph.:T.S.Zoubga/sept.2002.**

⇨ **la Tréno** (planche 2) est une charrue monosoc réversible (Modèle POR 130-119 MZ /RCM) permettant la confection de sillons cloisonnés. Elle est équipée d'une sous-soleuse, d'un vérin de retournement et d'un dispositif de collecte et d'accumulation de la couche superficielle du sol, qu'elle dépose à des intervalles réguliers dans le sillon, pour donner les cloisons et les micro-bassins de retenue d'eau. Les caractéristiques techniques de la *Tréno* sont données en annexe III.

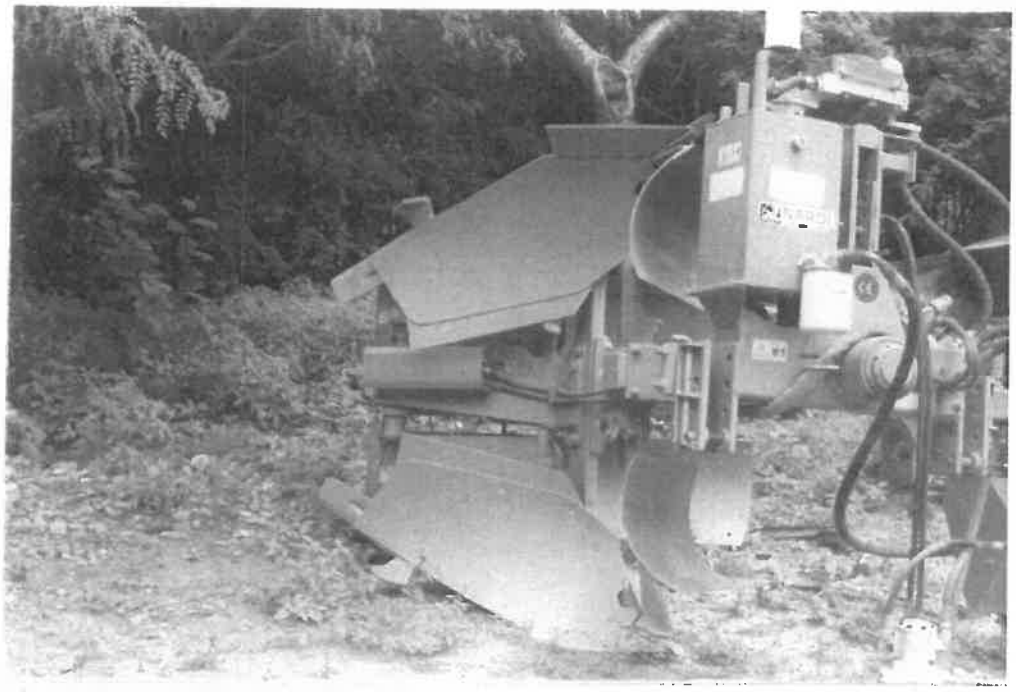


Planche n° 2: La charrue *Tréno* **Ph.:T.S.Zoubga/sept.2002.**

Que ce soit la *Tréno* ou la *Delphino*, le travail du sol comprend :

- un sous-solage en profondeur jusqu'à 40-60 cm ;
- la confection de micro-bassins en forme de croissants (demi-lunes) sur 4 à 5 m de longueur pour la *Delphino* (annexe II) et en forme de sillons cloisonnés pour ce qui est de la *Tréno*. Les sillons cloisonnés permettent le captage et le stockage des eaux de ruissellement qui pourraient atteindre 1000 à 1500 litres d'eau sous une pluviosité de 200 mm (VALLERANI, 1995).

La charrue *Delphino* peut être utilisée sur des sols lourds, argileux à sablo-argileux et argilo-gravillonnaires, compacts à très compacts et/ou pierreux, dont la pente peut varier de 0 à 10 %. Elle ne peut toutefois travailler que sur des sols profonds (au moins 80 cm).

La charrue *Tréno* s'adapte aux mêmes conditions de sol mais convient mieux aux pentes faibles à nulles.

1.5 LES PROCESSUS DE REHABILITATION DES TERRES DEGRADEES

Cette partie aborde les facteurs qui interviennent pour contrecarrer les processus de dégradation, parmi lesquels le travail du sol est prépondérant. Cependant, le retour des qualités recherchées du sol va encore dépendre d'autres facteurs.

C'est ainsi que pour LAL *et al.* (1997), la réhabilitation fait intervenir quatre phénomènes :

- La résilience du sol qui lui permet de contrecarrer les facteurs de dégradation et de répondre à l'intervention de l'homme quand il souhaite améliorer certains attributs de la qualité du sol ;
- La qualité actuelle du sol, qui se caractérise par le nombre de seuils d'irréversibilité traversés par celui-ci ;
- Les formes, modes et calendriers des interventions du gestionnaire du sol ;
- Les conditions environnementales (type de sol, climat) qui prévalent sur le site.

Selon MANDO *et al.* (1999), la résilience d'un sol, c'est sa capacité à se restaurer ou à se guérir après avoir subi des dommages suites à des perturbations externes. Elle désigne aussi la capacité du sol à répondre à l'aménagement.

Les processus de réhabilitation mettent en interaction plusieurs facteurs que nous avons synthétisés à partir des propositions de MANDO *et al.* (1999) et de LAL *et al.* (1997).

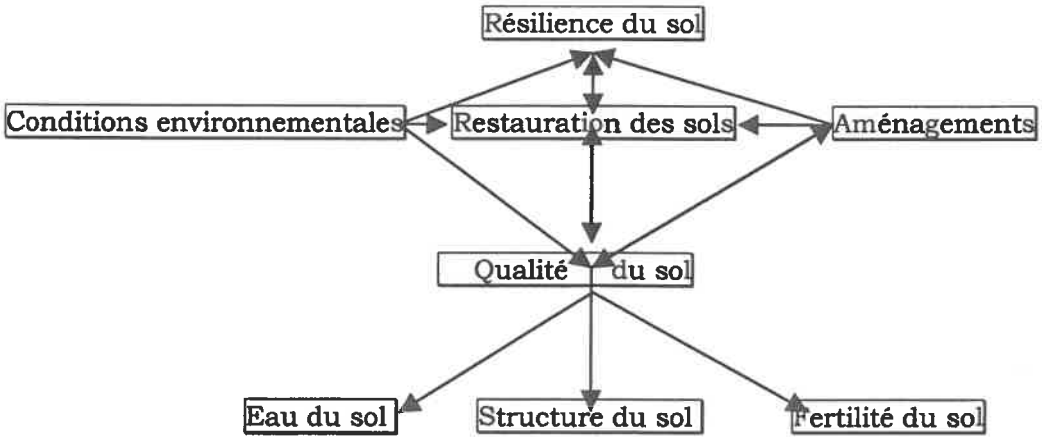


Schéma n° 2 : Processus de réhabilitation des sols dégradés

Le travail du sol et les aménagements réalisés, les conditions environnementales, la résilience et la qualité du sol, interagissent dans la restauration des sols. Celle-ci se mesure par le retour de certaines qualités physico-chimiques propices à la production.

Dans la province du Soum, les sols sont surtout caractérisés par leur faible perméabilité aux eaux de ruissellement et leur pauvreté en éléments minéraux. La réhabilitation vise à créer les conditions assurant une disponibilité en eau du sol et à rétablir le cycle des éléments minéraux, conditions essentielles au retour des qualités productrices des sols. En d'autres termes, c'est l'ensemble des processus qui conduisent à l'arrêt de la dégradation.

Dans le cas de l'utilisation des charrues, il ne s'agit pas de réparer toutes les fonctions du sol. En effet, la contrainte "eau" est la plus visée par le travail du sol et les aménagements qui l'accompagnent. L'intérêt des charrues que nous avons choisi dans cette étude, est qu'elles permettent un sous-solage et la confection d'ouvrages à grande capacité de rétention d'eau.

2.1. PRESENTATION DE LA PROVINCE DU SOUM

2.1.1 Introduction

La province du Soum (Carte 1) qui s'étend sur 12665 km², comprend 9 départements et 152 villages. Avec Djibo comme chef-lieu provincial, le Soum fait partie des quatre provinces les plus septentrionales du Burkina Faso.

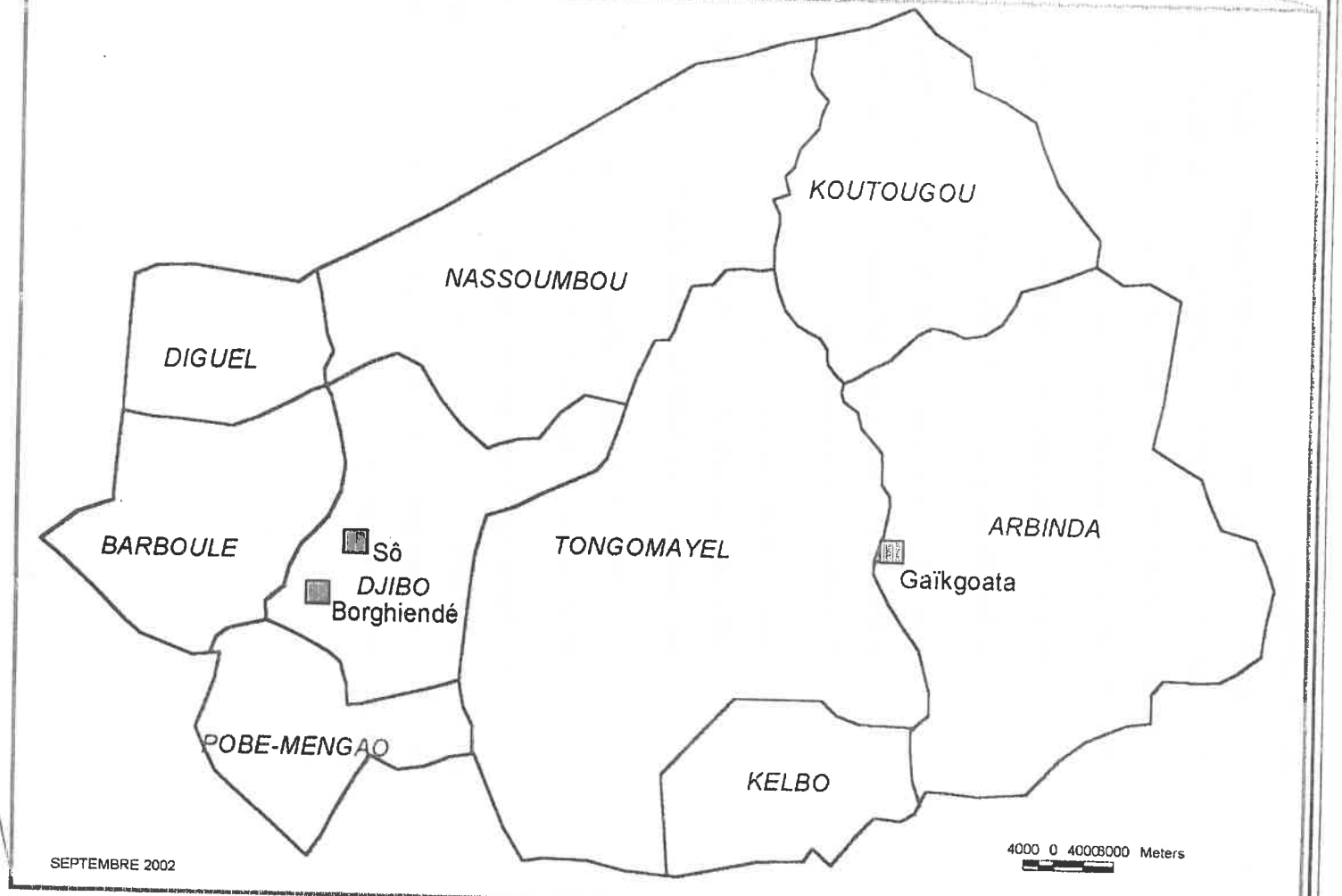
Selon le recensement général de la population réalisé en 1996, le Soum comptait 252993 habitants à 90% rurale, avec une densité moyenne de 20 habitants au km². Le recensement de 1985 faisait ressortir une pression de 50 habitants par km² cultivé (VIAROUGE, 1996).

Du fait de son climat, la province du Soum fait partie de la région où l'élevage pastoral historiquement prépondérant, cohabite maintenant avec une agriculture pluviale très aléatoire. Elle correspond donc aussi depuis plusieurs siècles à la zone de contact entre les sociétés sahéliennes pastorales (Peuhl et rimaïbé) et agricoles (mossi, kurumba, sonraï et dogon). Ce contact accroît la diversification des comportements individuels et collectifs, et motive la structuration, toujours en évolution de l'espace agraire (d'AQUINO, 1996).

CHAPITRE II :

GENERALITES SUR LE MILIEU PHYSIQUE

LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE



LEGENDE

- Limite Administrative
- Province du Soum
- Site concerné par l'étude

Fond cartographique : I.G.B.

Réalisation : B.A.ADOUABOU & S. ZOUBGA

SEPTEMBRE 2002

2.1.2 Le climat

La province du Soum est située dans le domaine phytogéographique sahélien (FONTES et GUINKO, 1995). Située entre les isohyètes 300 et 500 mm, le climat de la province reste conditionné par les oscillations du Front Inter-Tropical ou FIT*, avec un cycle annuel marqué par 2 saisons :

- ⇨ une saison des pluies de juin/juillet à septembre/octobre ;
- ⇨ une saison sèche de 9 à 10 mois comprenant 3 périodes :
  - Une période chaude et humide de mi-septembre/début octobre à novembre caractérisée par une remontée des températures après les pluies et une humidité relative importante ;
  - Une période sèche et fraîche de décembre à février, avec des minima pouvant descendre en dessous de 10°C et surtout des amplitudes thermiques journalières importantes et une faible humidité ;
  - une période sèche et chaude, de mars à juin caractérisée par un vent chaud et sec faisant monter les températures au-dessus de 40°C.

Les pluies journalières de début et de fin de saison des pluies sont généralement très violentes et de courte durée, souvent précédées de vents de sable dont le rôle érosif est très remarquable. Elles sont très irrégulières et mal reparties dans le temps et l'espace.

* Qui représente la zone de contact entre l'air sec continental du nord-est et l'air humide de la mousson de sud-ouest .

Les figures 1 et 2 montrent l'évolution de la pluviométrie d'Aribinda et de Djibo de 1980 à 2001 qui sont deux postes couvrant les sites d'étude.

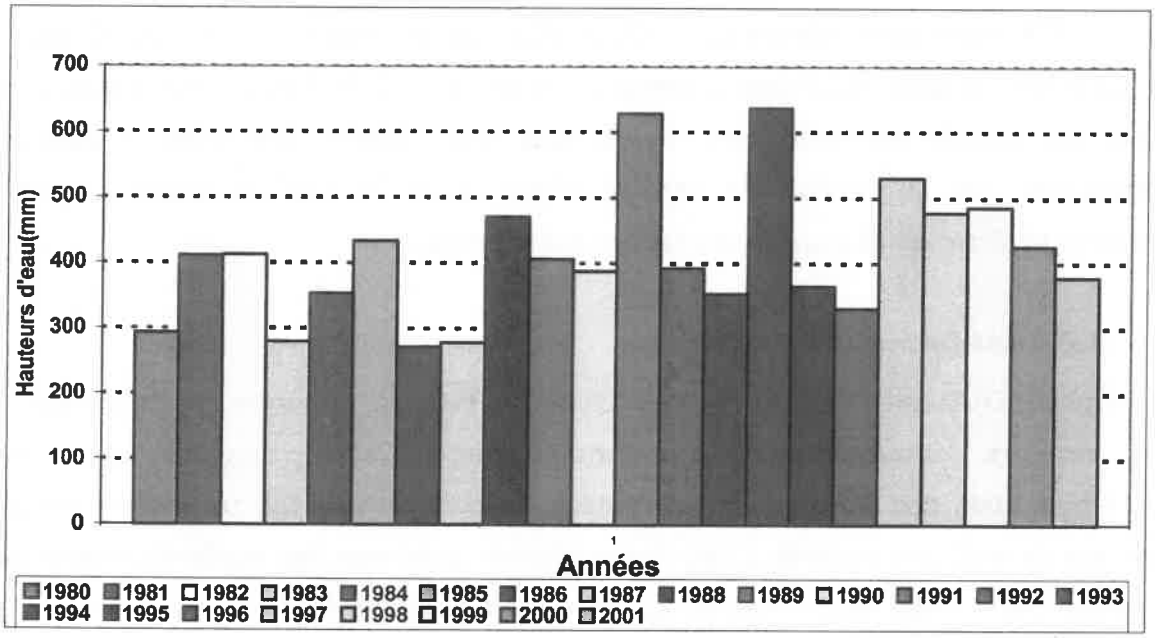


Figure n° 1: Evolution de la pluviométrie d'Aribinda de 1980 à 2001

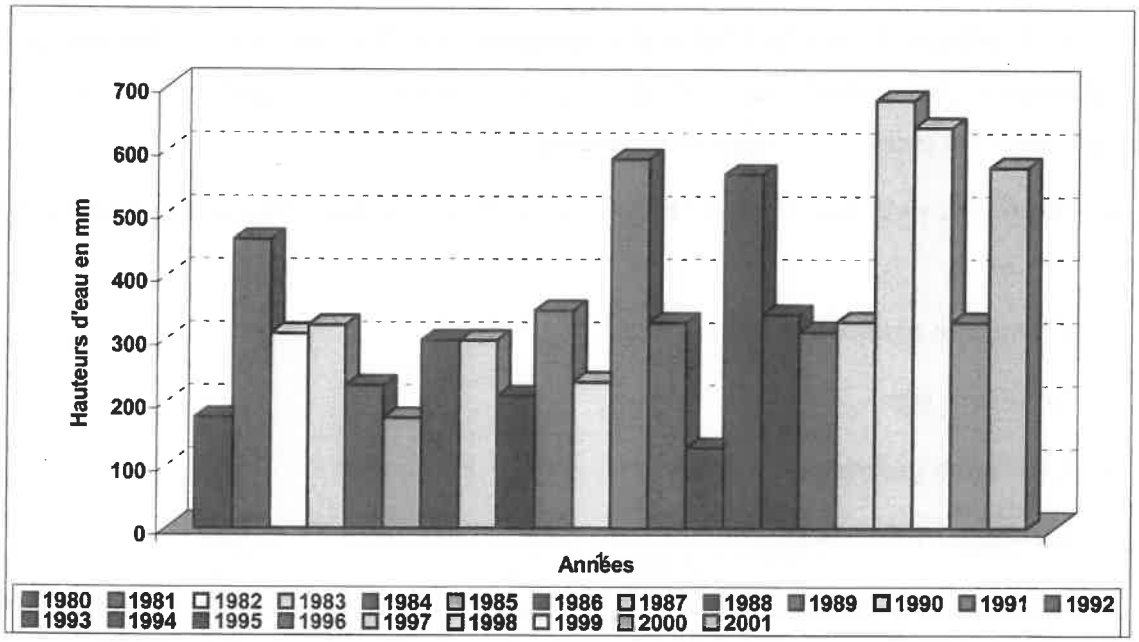


Figure n° 2: Evolution de la pluviométrie de Djibo de 1980 à 2001

Ces figures traduisent effectivement l'irrégularité inter annuelle des pluies au cours de ces deux décennies. Si à Aribinda les pluies sont en baisse constante depuis 1997, en revanche à Djibo elles sont restées irrégulières jusqu'en 2001.

L'humidité relative moyenne est faible et varie entre 40 et 50%.

L' ETP mensuelle relevée de 1960 à 2000 est en moyenne de 2167,9 mm par an. La valeur la plus élevée est obtenue en mars avec 210,4 mm, tandis que la plus basse est relevée en août avec 140,6 mm (DM, 2002). Les valeurs moyennes mensuelles de la tension de vapeur d'eau et de l'humidité relative montrent l'extrême sécheresse de l'air de novembre à décembre.

2.1.3 Les formations végétales

Selon GUILLAUD (1990, *in* VIAROUGE, 1996), la province du Soum est l'un des espaces intermédiaires soudano-sahéliens. Ces espaces ont pour caractéristiques, des structures contrastées du couvert végétal, un fonctionnement basé sur la redistribution de l'eau des surfaces nues vers les surfaces végétalisées ainsi que des changements forts du couvert végétal du fait de la sécheresse.

Ainsi la végétation de la province du Soum est caractérisée par la prédominance de formations mixtes ligneuses et herbacées, principalement de type steppe buissonnante, arbustive et arborée. Cette végétation qui se dégrade et protège mal les sols, joue pourtant un rôle vital dans la couverture des besoins fondamentaux et de subsistance des populations et du cheptel (cueillette, agriculture extensive, pâturage, sont les principaux agents de pression).

La végétation peut être classée en quatre groupes de formations végétales (Carte n°2) :

- La steppe arborée et arbustive ;
- Le fourré tigré ;
- Les forêts galeries ;
- La steppe herbacée.

Nous allons définir et présenter ici la steppe et le fourré, car, à chacun de ces types de végétation sont liées une forme d'exploitation, une sensibilité différentielle aux fluctuations naturelles du climat, donc nécessaire pour expliquer certains phénomènes de dégradation qui aboutissent à la formation des zones dénudées et encroûtées. La description utilisée est de la DREP/S(2001).

2.1.3.1 La steppe arborée et arbustive

Selon les unités géomorphologiques on a :

- la steppe arborée et arbustive sur plaine argileuse, sablo-argileuse ou latéritique et celle sur plaines encroûtées sur lesquelles poussent les principales espèces ligneuses suivantes : *Acacia senegal(L.) MILLD., Acacia raddiana SAVI, Acacia seyal DEL., Acacia nilotica var. adansonii (GUIL.* et *PERR.) O. KTZE, Balanites aegyptiaca (L.) DEL.*

  L'espèce herbacée dominante est le *Schoenefeldia gracilis KUNTH.*

  La mortalité des arbres est totale dans les plaines encroûtées donnant naissance aux « cimetières de bois ». Ce bois, une fois ramassé par les populations laisse des espaces dénudés.

- la steppe arborée et arbustive des dépressions argileuses temporairement inondées : la végétation y est plus arborée et les formations assez importantes sont celles de *Acacia nilotica var. adansonii et Balanites aegyptiaca,* associées aux *Combretum micranthum G. DON., Combretum aculeatum VENT.* et *Dalbergia melanoxylon GUILL.* et *PERR., Pterocarpus lucens LEPR. EX GUILL.* et *PERR..*

  Ces formations sont caractérisées par une forte mortalité. L'herbacée pérenne dominante est *Leptadenia hastata (PERS.) DCENE.*

  Ces dépressions de plus en plus convoitées pour l'agriculture ou surexploitées par les pasteurs sont en proie à une forte dégradation.

- la steppe arborée et arbustive de l'erg ancien et des sols sabloneux structurés avec les espèces principales qui sont : *Bauhinia rufescens Lam., Commiphora africana (A. RICH.) ENGL., Acacia albida (DEL.) A., Hyphaene thebaica MART.* L'erg ancien est considéré comme le sol apte pour l'agriculture (culture de mil surtout).

- La steppe arborée et arbustive des basses plaines et bas-fonds avec des sols alluvionnaires sur lesquels on rencontre *Guiera senegalensis J.F GMEL. et Piliostigma reticulatum (DC.) HOCHST.*

2.1.3.2 Le fourré tigré

Le fourré est constitué de touffes d'arbustes ou d'arbrisseaux enchevêtrés et impénétrables à cause des épineux. Les fourrés localisés au Nord de la province sont en forte régression.

On distingue :

- Le fourré des sols drainés plus ou moins sableux en surface et gravillonnaires en profondeur où parmi les espèces importantes rencontrées on a : *Pterocarpus lucens, Grewia bicolor JUSS., Grewia mollis JUSS.*. L'herbacée dominante est *Aristida adscensionis L.*.
- Le fourré tigré sur cuirasses ferrugineux ou de plateaux latéritiques. Il comporte généralement des espèces dominées par *Acacia macrostachya REICHENB. EX BENTH, Boscia senegalensis (PERS.) LAM. EX POIR.* et *Maerua crassifolia FORSK.*

D'une manière générale le taux de mortalité des ligneux y est très élevé. Dans certains endroits tels que les plateaux latéritiques (qui deviennent de plus en plus nus), ce taux est de 100%.

2.1.3.2 La steppe herbacée

C'est un tapis herbeux saisonnier, plus ou moins discontinu et parcouru de taches nues.

On distingue la steppe de l'erg récent avec des sols sablonneux non structurés et la steppe herbacée des hautes plaines argileuses ou gravillonnaires latéritiques des plateaux latéritiques.

La végétation dominante se compose de *Acacia raddiana, Balanites aegyptiaca* et *Schoenefeldia gracilis.*

2.1.4 Géologie

La province du Soum est une région de transition constituée par un glacis d'érosion qui se raccorde au sud du plateau cristallin du socle précambrien et s'abaisse au nord vers la dépression dunaire du Gondo au Mali.

La géologie est dominée par une altération plus ou moins prononcée. Le socle y est entaillé par quelques grands cours d'eau temporaires à niveaux de buttes et de glacis cuirassés, recouverts dans certaines zones par des formations dunaires quaternaires d'orientation Est-Ouest. Les altitudes sont comprises entre 260 m et 360 m. Quelques affleurements de roche saine en boule inselberg viennent interrompre la monotonie du relief (d'AQUINO, 1996).

2.1.5 Les sols

Parmi les descriptions des sols de la province (Carte n°3) proposées par les différents auteurs, (VIAROUGE, 1996 ; d' AQUINO, 1996 ; BUNASOLS, 1985 ; DREP/S, 2001), nous avons adopté celle du BUNASOLS du fait qu'elle allie les caractéristiques physiques aux caractéristiques chimiques des sols. La description des sols utilisée est celle de BOULET (1968), cité par BOUSQUET (1997).

Nous présenterons les trois principaux groupes de sols rencontrés dans le Soum, en évoquant leur réaction face aux phénomènes érosifs, donc à la dégradation.

2.1.5.1 Les sols non climaciques, à pédogenèse embryonnaire

- **Sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire :**

Ils se localisent au Nord de la province et au Sud-Ouest d'Arbinda. Ce sont des sols gravillonnaires le plus souvent associés aux cuirasses ferrugineuses, rencontrés le plus souvent en haut de pente, en contrebas de corniches cuirassées. Leur épaisseur moyenne est de 30 à 60 cm et leur perméabilité faible à moyenne. Ce sont des sols pauvres et leur intérêt agronomique est considéré conne nul ou très faible. Leur sensibilité à l'érosion en nappe et, localement, à l'érosion en ravine serait forte à très forte à cause de l'encroûtement noirâtre.

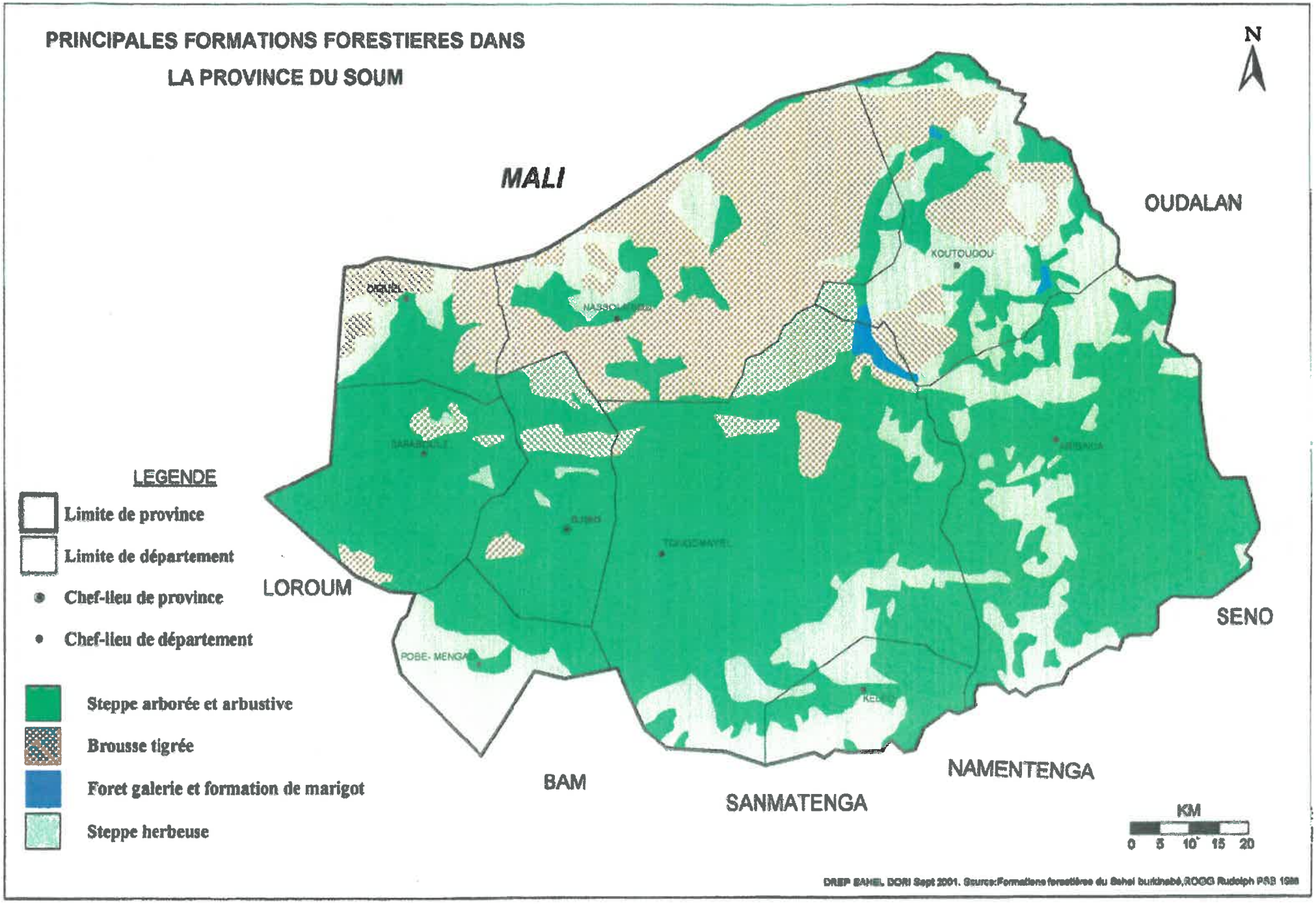
2.1.5.2 Les sols d'altération kaolinitique

- **Sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux**

Ce sont des sols appartenant à la classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse (BUNASOLS, 1985). Ces sols sont caractérisés par une faible teneur en cations échangeables, notamment le potassium. La carapace est souvent rencontrée aux environs de 40 cm de profondeur, ce qui limite les possibilités d'enracinement et la réserve en eau utile du sol. Ces sols, riches en sables très fins et en limons, sont en conséquence très sensibles à l'érosion pluviale et à l'arrachement des particules.

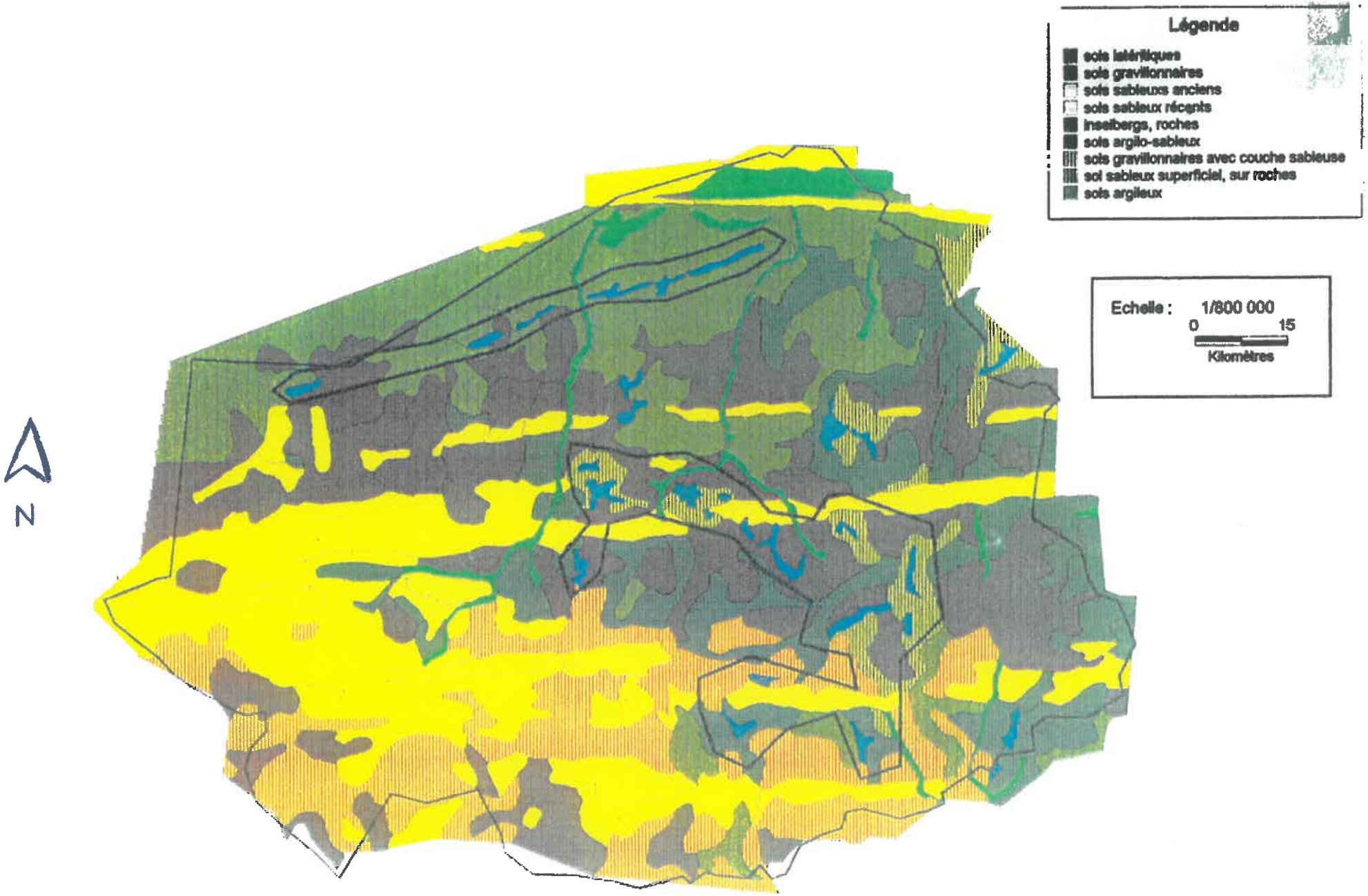
- **Sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur matériau à texture variée**

Ce sont des sols issus de colluvions argilo-limono-sableuses qu'on rencontre dans les bas-fonds et dans les vallées alluviales. Ce sont des sols épais, mais paradoxalement leur profondeur pour les cultures est limitée par la présence d'une nappe superficielle en saison des pluies. Ils ont une perméabilité moyenne à faible ;


PRINCIPALES FORMATIONS FORESTIERES DANS
LA PROVINCE DU SOUM
N
MALI
OUDALAN
KOUTOUGOU
DIGUEL
NASSOUMBOU
SARABOULE
ARIBINDA
DJIBO
TONGOMAYEL
LOROUM
SENO
POBE- MENGAO
KELBO
BAM
SANMATENGA
NAMENTENGA
KM
0 5 10 15 20
LEGENDE
Limite de province
Limite de département
Chef-lieu de province
Chef-lieu de département
Steppe arborée et arbustive
Brousse tigrée
Foret galerie et formation de marigot
Steppe herbeuse
DREP SAHEL DORI Sept 2001. Source:Formations forestières du Sahel burkinabé,ROGG Rudolph PSB 1988

22

arte 3: esquisse pédologique de la province du soum (*in* d'Aquino, 1996)



ils sont difficiles à travailler mais néanmoins cultivés. BOULET(1968 *in* BOUSQUET, 1997), souligne que leur surface est encroûtée et sensible à la battance.

2.1.5.3 Les sols d'altération montmorillonitique

- **Sols bruns eutrophes tropicaux sur matériaux argileux.**

Ces sols appartiennent à la classe des sols brunifiés. Ils se localisent essentiellement de Djibo à Aribinda. Ces sols, argilo-sableux à sableux, chimiquement riches se sont développés sur des roches métamorphiques autour des affleurements et roches basiques. Ces sols se présentent actuellement sous forme de clairières désertifiées. Leur sensibilité à l'érosion semble inférieure à celle des sols ferrugineux tropicaux.

- **Sols halomorphes à structure dégradée sur matériau argilo-sableux à sableux.**

Ils sont localisés en zone granitique ou bien à proximité de terrains cuirassés dans les dépressions entre glacis et affleurements birrimiens. Ce sont des sols sableux en surface, gris brunâtres, encroûtés, pauvres, réservés aux pâturages. Leur perméabilité est limitée, ils sont sensibles à l'érosion.

Les sols du Soum connaissent une activité biologique fortement dominée par les termites qui sont souvent la cause de mortalité des plants reboisés. Les sols à vocation pastorale couvrent 72% de la Province (DREP/S, 2001).

2.1.6. Activités socio-économiques

2.1.6.1. L'agriculture

L'agriculture occupe environ un tiers des superficies de la province (culture et jachères). Les deux tiers sont occupés par les espaces dénudés et les pâturages qui se concentrent surtout dans le Nord de la province (Haut Commissariat du Soum, 1991)

Les contraintes majeures de l'agriculture pluviale sont l'adaptation des variétés de culture aux nouvelles caprices du climat, la pression démographique, la pauvreté des sols et la valorisation insuffisante du fumier. L'agriculture est caractérisée par des systèmes de productions agropastorales, avec une tendance récente vers le maraîchage grâce à la multiplication des points d'eau. La superficie totale cultivée

est de 103.150 ha dont 138 ha occupés par la production maraîchère et 153 ha par les vergers (Haut Commissariat du Soum, 1991).

L'essentiel des terres est exploité de façon traditionnelle. Les résidus de récolte qui servaient jadis à protéger les sols et attirer le bétail pour la fumaison des champs, sont collectés et constituent les stocks fourragers de saison sèche. Ce qui augmente les exportations non compensées. Les travaux anti-érosifs du sol (demi-lune, zaï) sont assez rares.

2.1.6.2 L'élevage

L'élevage est de type extensif et transhumant mais très important. Malgré les sécheresses récurrentes, le cheptel s'est exponentiellement accru ces dernières décennies. Les systèmes de production et de commercialisation se sont améliorés à la faveur de l'intervention des ONG et surtout du PDES qui a réalisé à Djibo en 1997 un des plus grands marchés à bétail du pays.

L'élevage du Soum se caractérise par la coexistence de deux systèmes d'élevage.

- Le système d'élevage transhumant ;
- Le système agropastoral sédentaire dont les troupeaux sont essentiellement constitués de petits ruminants.

L'essentiel du disponible fourrager est assuré par les parcours naturels réputés être parmi les plus riches du pays. Ils sont constitués d'herbacées annuelles, pérennes ainsi que de ligneux épineux (surtout).

Une esquisse de typologie des sous-systèmes de production pastoraux de la province par zone a été proposée par la DREP/S (2001). Elle est basée sur le milieu physique, le degré d'occupation foncière et les activités humaines. On distingue ainsi trois(3) zones :

- **La zone pastorale ouverte** qui s'étend d'Est en Ouest dans la province et limitée au Sud par l'isohyète 400 mm, joignant Diguel-Nassoumbou-Koutoukou.

  Les sols sont sableux et sensibles à l'érosion. Dans cette zone les productions pastorales rencontrées sont : le « grand élevage peuhl », qui est un élevage extensif avec des troupeaux importants guidés par des peuhls en perpétuel mouvement et le « petit élevage », pratiqué par les éleveurs sédentaires et les agriculteurs dont l'activité d'élevage a été imposée par la variabilité de la production vivrière.

- **La zone agropastorale saturée** limitée au Sud par l'isohyète 550 mm et au Nord par l'isohyète 400 mm. Les sols sont dominés par les sols sableux ou sablo-limoneux et les glacis latéritiques ou non. La pression foncière est forte avec un taux d'occupation des sols cultivables avoisinant 50 %.

  Dans cette zone on rencontre trois types de productions pastorales à savoir : l'élevage peuhl « confié », qui est une transformation du « grand élevage peuhl » suite à la sédentarisation progressive et l'introduction de l'agriculture dans les activités et qui se caractérise par une gestion indirecte du troupeau ; le petit élevage sédentaire, qui regroupe les troupeaux de case généralement constitués de petits ruminants.

- **La zone pastorale en équilibre instable**, domaine des agro-pasteurs, limitée au Nord par l'isohyète 550 mm et occupe l'extrême Sud de la province. Les sols sont profonds, sableux en surface, argileux en profondeur et menacés essentiellement par l'érosion hydrique. La zone est sédentaire et la lutte pour l'appropriation foncière individualisée est assez marquée.

A l'instar des autres parties du pays, la compétition pour les ressources naturelles entre éleveurs et agriculteurs n'est pas sans engendrer des conflits ouverts ou latents qui connaissent malheureusement des dénouements souvent dramatiques.

CHAPITRE III:

MATERIEL ET METHODES

3.1 CHOIX DES SITES

Trois facteurs d'appréciation ont été considérés pour l'étude de l'impact du travail du sol. Ce sont :

- la charrue utilisée : *Delphino* ou *Tréno* ;
- le temps écoulé depuis le travail du sol : trois et cinq ans ;
- l'aménagement appliqué : agroforesterie et sylvopastoralisme.

C'est ainsi que les villages de Borghiendé et Sô (département de Djibo), Gaïkgoata (département d'Aribinba) ont été retenus. En outre, ces sites sont situés dans deux zones dont les résultats obtenus suite aux aménagements sont assez disparates.

3.1.1 Le site de Borghiendé

Ce site d'une superficie de 18,22 ha est situé à 8 km à l'Ouest sur l'axe Djibo-Baraboulé-frontière du Mali. Il a été travaillé à la charrue *Delphino* en 1999 par le Projet GCP et comprend une parcelle agroforestière de 8 ha et une parcelle sylvopastorale de 10,22 ha. Le sol est sablo-argileux et peu profond (parfois moins de 50 cm). Le pH du sol est compris entre 5 et 7.

3.1.2 Le site de Gaïkgoata

D'une superficie totale de 49,06 ha, le site est situé à 85 km à l'Est sur l'axe Djibo- Aribinda. Il comprend 4 parcelles travaillées à la charrue *Tréno* en 1997 et 1999 par ADRA/Burkina en collaboration avec le projet GCP. Ces parcelles sont reparties en deux parcelles agroforestières de 6,80 ha et 1,05 ha et deux parcelles sylvopastorales de 21,25 ha et 19,96 ha. Le sol est de texture limono-argilo-sableuse avec parfois un recouvrement gravillonnaire . Son pH compris entre 4 et 7.

3.1.3 Le site de Sô

D'une superficie de 10,82 ha, le site do Sô est situé à 8 km au Nord de Djibo. C'est une parcelle sylvopastorale aménagée à la charrue *Delphino* en 1997 par le Projet GCP.

Les sols sont des lithosols, des sols ferrugineux tropicaux lessivés, et indurés et des sols bruns, naturellement pauvres, avec une CEC comprise entre 2,5 et 3,8 et un pH entre 4,1 et 5,1 (BUNASOLS, 1995 *in* DETRAUX et KEITA, 1999).

Les plans (annexe VI) des parcelles ont été réalisés avec l'appui du projet "Confection d'outils cartographiques". Pour ce faire, nous avons relevé au GPS les coordonnées UTM des sites et des parcelles. Les logiciels Arc Info 3.5.1 et Arc View 3.2 ont été utilisés pour respectivement générer les polygones et les placettes et pour l'édition des plans. Ces plans ont ensuite été superposés sur une carte topographique et leur superficie calculée.

3.2 LES DEMI-LUNES ET LES SILLONS CLOISONNES

Les OAE ou micro-bassins désignent les demi-lunes et les sillons

- Les demi-lunes (annexe II) se caractérisent comme suit (VALLERANI, 1995) :

➢ longueur = 4,5 - 5,0 m

➢ profondeur = 0,4 - 0,6 m

➢ largeur = 0,8 – 1,0 m

➢ sous-solage en deçà du fond = 0,15 - 0,20 m

➢ distance entre 2 demi-lunes sur la ligne = 1,0 – 2,0 m

➢ superficie moyenne d'une demi-lune = 1,34 m²

➢ raie : profondeur = 0,45 m ; largeur (fond de raie) = 0,6 m ; haut de raie = 0,75 m

- Les sillons cloisonnés se caractérisent comme suit (Planche III) :

➢ longueur = 4,0 – 5,0 m

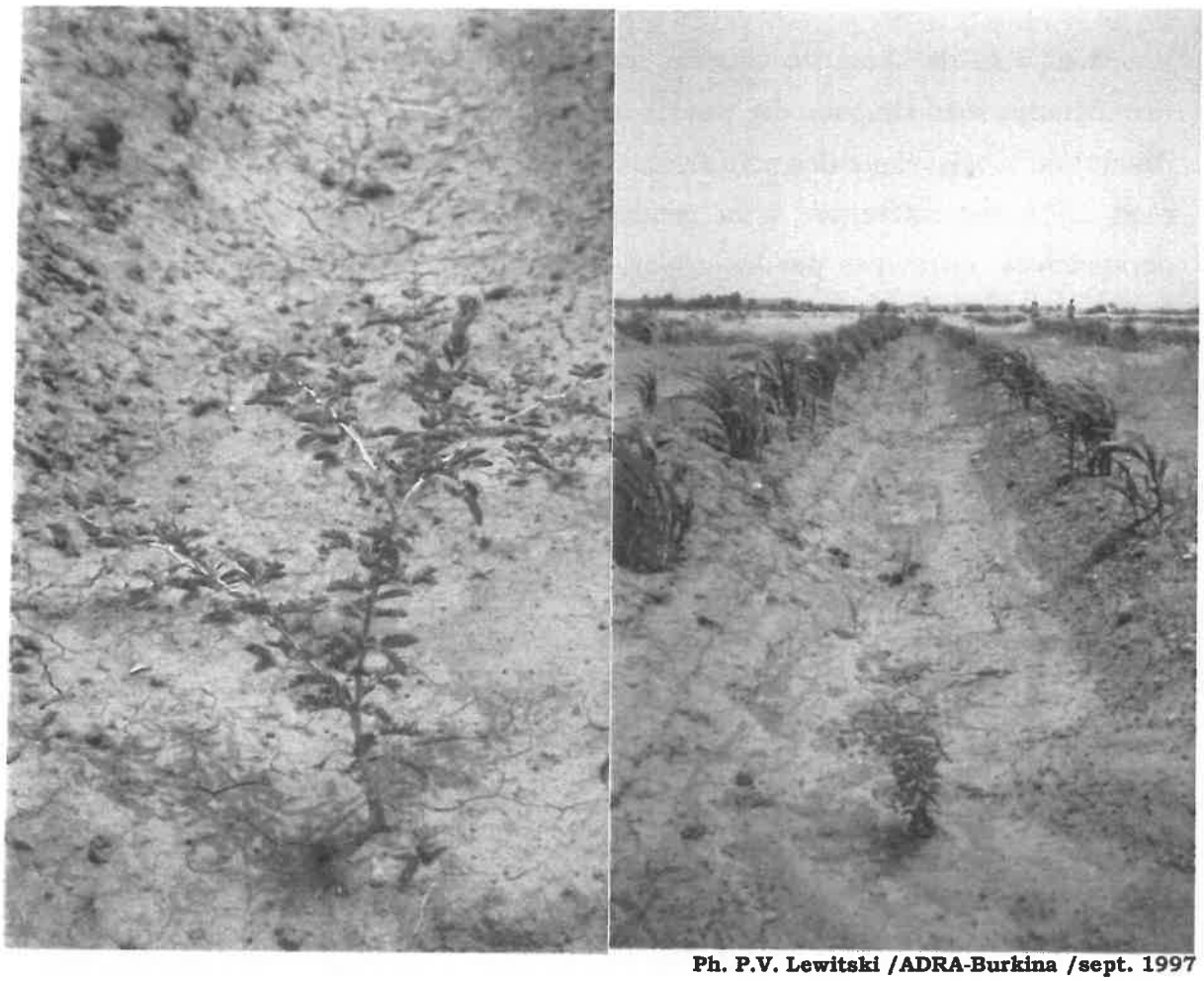
➢ profondeur = 0,6 m

➢ largeur = 0,5 m

➢ superficie moyenne d'un micro-bassin = 1,35 m²

➢ sous-solage = 0,15 - 0,20 m

- nombre de micro-bassins par 100 m = 18
- distance inter-sillons = 3,0 – 5,0 m
- raie = 0,50 m.



Ph. P.V. Lewitski /ADRA-Burkina /sept. 1997

Planche n° 3 : Illustration de sillons cloisonnés : A gauche, un plant (issu de semis) d'*Acacia senegal* sur le cloison, à droite des semis de sorgho sur les buttes du sillon.

3.3 ENQUETE AUPRES DES POPULATIONS BENEFICIAIRES SUR L'IMPACT DES AMENAGEMENTS

3.3.1 Objectifs

L'objectif de l'enquête visait à recueillir le point de vue des populations bénéficiaires sur l'impact du travail des charrues et des aménagements sur l'évolution biophysique des sols et sur le système d'exploitation des terres. Elle s'est en outre intéressée à la gestion actuelle des aménagements et aux perspectives entrevues par les organisations villageoises mise en place et/ou responsabilisées pendant l'exécution des travaux.

Ainsi, la perception des bénéficiaires des sites de Borghiendé, Gaïkgoata et Sô a été étudiée au cours d'une enquête structurée. Pour ce faire, un questionnaire semi-ouvert et oral a été élaboré (annexe IV).

3.3.2 Protocole d'enquête

Le choix des personnes à interroger s'est fait par un sondage aléatoire simple. La composition de l'échantillon a tenu compte de deux facteurs (de deux niveaux chacun) susceptibles d'influencer les résultats à savoir, l'activité (agriculteur et éleveur) et le genre (homme, femme).

Ainsi, nous avons retenu au total 90 personnes à interroger dans les trois villages/sites (soit 30 personnes par village), composées de 50% d'agriculteurs et 50% d'éleveurs. La répartition des agriculteurs a en outre, tenu compte des producteurs qui ont un champ sur les sites et ceux qui n'en disposent pas. Ceci nous a permis de repartir l'échantillon comme suit :

- Quarante-cinq agriculteurs composés d'un tiers de femmes et repartis en nombre égal entre producteurs exploitants et producteurs non-exploitants des sites;
- Quarante-cinq éleveurs composés également d'un tiers de femmes.

Le nombre de personnes à interroger a été reparti sur l'ensemble des quartiers quand cela était possible, soit 2 personnes au moins par catégorie.

3.3.3 Déroulement de l'enquête

L'enquête a été conduite par deux enquêteurs, du 18juin au 02 juillet 2002. Dans chacun des trois villages, il y a eu 30 entretiens individuels et un entretien collectif. Cet entretien a concerné le GV/CV impliqué dans l'exécution des activités de restauration et de gestion des sites, soit au total 93 entretiens. Le lieu des enquêtes était le champ ou le domicile. Une pré-enquête a été conduite les premiers jours et le contenu du questionnaire adapté aux résultats.

3.4 ETUDE DE L'IMPACT DU TRAVAIL DES CHARRUES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET HYDRODYNAMIQUES DES SOLS

3.4.1 Dispositif expérimental

Le protocole expérimental repose sur un dispositif complètement aléatoire à trois facteurs, qui résulte de l'affectation « au hasard» des différents objets aux différentes unités expérimentales (DAGNELIE, 1981). Ces trois facteurs sont : le travail du sol (sol travaillé à la charrue *Delphino*, sol travaillé à la charrue *Tréno* et sol témoin), l'âge du travail du sol (3 et 5 ans), le système d'aménagement (agroforesterie, sylvopastoralisme). L'ensemble constitue une expérience factorielle* de type $2^2 3^1$**(DAGNELIE, 1981), comportant douze traitements. Ces traitements ou parcelles sont composés de quatre parcelles sylvopastorales (PS), de trois parcelles agroforestières (PA) et de cinq témoins.

La désignation des parcelles expérimentales ou traitement par village ainsi que leur code sont consignés en annexe V.

Les unités expérimentales sont des placettes carrées de 50 m de côté, soit une surface de 2500 m^2. Chaque traitement est répété 3 fois. Ceci donne au total 36 placettes.

C'est sur ces unités que la profondeur des micro-bassins a été mesurée et les échantillons de sol ont été prélevés pour les mesures d'humidité et des analyses physico-chimiques.

---

* Toute expérience dont les objets sont tels que chacun des niveaux d'un facteur est associé des niveaux de l'autre ou des autres facteurs (DAGNELIE, 1981)

** Signifie que deux facteurs ont 2 niveaux et un facteur en a 3.

3.4.2. Echantillonnage et paramètres mesurés

3.4.2.1 Densité et profondeur des micro-basssins

La mesure de la profondeur vise à évaluer la durée de vie (après 3 et 5ans) des demi-lunes et des sillons cloisonnés en terme de degré de comblement. Ceci devrait donner des explications plausibles sur l'évolution de l'humidité et partant celle de la végétation.

L'étude des caractéristiques physiques des ouvrages a été réalisée sur les quatre parcelles sylvopastorales que compte le dispositif. Il s'est agi d'abord de déterminer la densité des micro-bassins à l'ha, puis, de mesurer leur profondeur résiduelle. Les mesures ont été effectuées en trois points différents placés aux extrémités et au milieu de l'ouvrage. La moyenne des trois mesures donne la profondeur du micro-bassin.

Le taux de comblement a été calculé à partir de la profondeur initiale de la cuvette qui est en moyenne de 0,40m (profondeur totale (0,60m) – profondeur de sous-solage (0,20m)). Le nombre de demi-lunes ou sillons cloisonnés échantillonnés est de trente par parcelle.

3.4.2.2 L'humidité du sol

L'humidité d'un sol est la quantité d'eau qu'il contient. Sur chacune des placettes, des échantillons de sol perturbé sont prélevés à l'aide d'une tarière, dans deux micros bassins et à cinq niveaux de profondeur : 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm et 40-50 cm. Pour les 36 placettes, on obtient à chaque prélèvement, 360 échantillons qui sont conservés dans des boîtes à tare numérotées. Ces prélèvements ont été effectués en trois répétitions : en juin, juillet et août. Chaque fois, nous avons enregistré la quantité d'eau de la dernière pluie.

L'humidité du sol a été mesurée par la méthode gravimétrique. Les échantillons de terre prélevés sont pesés, puis séchés à l'étuve à 105°C pendant 24h. L'humidité est déduite du poids des échantillons connu avant et après dessiccation. L'humidité pondérale (HP) d'un échantillon de sol a été alors calculée selon la formule suivante (FAMVH/GRET, 1989):

$$\text{HP en \%} = \frac{\text{Poids de terre humide} - \text{Poids de terre sèche}}{\text{Poids de terre sèche}} \times 100$$

L'humidité pondérale moyenne est obtenue en faisant la moyenne des HP des échantillons de la parcelle. Elle permettra de voir l'impact du travail du sol et des traitements sur l'amélioration du stock d'eau des sols.

3.4.2.3 La granulométrie

«La granulométrie, ou texture, correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur (diamètre) indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux» (DUCHAUFOUR, 1988).

L'analyse granulométrique a concerné les trois principales fractions à savoir les proportions de sable, d'argile et de limon. L'objectif de l'analyse visait à apprécier l'influence du travail du sol à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno* (après 3 et 5 ans) sur les proportions de ces éléments.

Sur chacune des placettes, des échantillons composites de sol perturbé sont prélevés à l'aide d'une tarière à 15 et 30 cm de profondeur. Cinq points de prélèvement localisés aux extrémités et au centre de la placette ont été prévus. Ainsi, 72 échantillons ont été prélevés et conditionnés dans des sachets plastiques, chacun portant le numéro de l'échantillon.

L'analyse granulométrique de ces échantillons a été réalisée suivant la méthode par hydrométrie. Les résultats ont permis de déterminer les classes texturales des sols en utilisant le triangle de la FAO.

Selon le BUNASOLS, la densité d'une suspension de terre à une profondeur donnée diminue au fur et à mesure que les particules se déposent. Sa valeur à des températures différentes est en relation empirique avec la dimension des particules, de sorte que, par le choix du temps auquel la mesure est effectuée, la densité observée fournira une estimation soit de la fraction limon+argile, soit de la fraction argile.

On mesure la densité au moyen d'un hydromètre, effilé calibré à 20°C. Le mode opératoire utilise une solution obtenue en dissolvant 40g d'hexamétaphosphate de sodium ($NaPO_3$) et de 10 g de carbonate de sodium dans un litre d'eau distillée.

Le pourcentage des particules est obtenu à partir de la formule suivante :

$$\% \text{ Particules} = \frac{Lc \times 100}{P}$$

Lc = lecture corrigée à partir du calibrage de l'hydromètre ; **P** = poids de l'échantillon de sol utilisé

3.4.2.4 Analyse chimique du sol

Les échantillons qui ont été utilisés sont ceux prélevés à 0-15cm et 15- 30 cm de profondeur.

L'analyse chimique du sol a été faite au laboratoire d'écologie de l'Université de Ouagadougou. Elle a permis de déterminer la proportion des éléments chimiques ci-après dans les sols en récupération. Il s'agit de la M.O, C, N, P, K et du pH.

La détermination de ces éléments s'est faite de la façon suivante :

a) le carbone organique et la matière organique

Le carbone organique a été déterminé par la méthode de WAKLEY-BLACK. Le sol est soumis à une oxydation à froid par une solution normale de bichromate de potassium en excès ($K_2Cr_2O_7N$) en présence d'acide sulfurique (H_2SO_4). Le $K_2Cr_2O_7N$ transforme le carbone du sol en CO_2.

La quantité de $K_2Cr_2O_7$ réduite est proportionnelle à la teneur en carbone . On dose l'excès de bichromate par une solution de sel de Mohr ($Fe(SO_4)_2(NH_4)_2$) en présence de diphémylamine.

On obtient alors la quantité de $K_2Cr_2O_7$ réduit par la différence entre le volume (V_1) de sel de Mohr utilisé pour un échantillon blanc et celui (V_2) de l'échantillon analysé.

L'oxydation du carbone n'étant pas complète, on corrige le résultat obtenu par le facteur 1,33. La teneur en matière organique est calculée en multipliant la valeur du carbone obtenue par 1,72.

Calculs :

$$\% C = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0{,}30 \times 1{,}33}{P} \quad \text{et} \quad \% MO = \% C \times 1{,}72$$

P = Poids en g de la terre ; **N** =Normalité

1,33 est un facteur de correction. On estime que la réaction d'oxydation est réalisée en moyenne à 75%. Il convient de corriger le calcul par le terme 100/75= 1,33

1,72 = 100/58 : on estime à 58% le taux de carbone dans la matière organique.

b) l'azote total (N)

La méthode de dosage utilisée est celle de KJELDAHL. Deux grammes de sol sec sont mis dans une fiole de Kjeldahl de 250 ml. La méthode comporte 3 manipulations :

La minéralisation qui transforme toutes les formes d'azote du substrat (sol) dans la fiole en azote ammoniacal sous l'action oxydative de l'acide sulfurique concentré (95% chimique pur) à ébullition. Après refroidissement, la fiole est remplie à l'eau distillée au tiers, puis portée à distillation.

La distillation : le minéralisat contenu dans la fiole de Kjeldahl en présence de 40 ml d'hydroxyde de Sodium (NaOH) est distillé, permettant ainsi le déplacement de l'ammoniac qui est recueilli dans un erlenmeyer de 100 ml, contenant une solution d'acide borique. La couleur violacée de l'acide borique se change en vert.

Le dosage : le dosage est effectué à l'acide sulfurique 0,05 N. Le calcul du % de N dans le sol est effectué par la formule suivante :

$$\% N = \frac{(Te - Tbl) \times 0{,}05 \times 14 \times 100}{A}$$

Te = Titrage de l'échantillon en ml ; **Tbl** = Titrage du blanc en ml ; **A** = quantité de sol pesée en mg.

c) le phosphore Total (P)

L'extraction se fait par attaque à l'acide perchlorique (70% chimique pur) à chaud de 1g de sol broyé. La solution issue de la destruction est filtrée au filtre Mn 640. A l'aide du dispenseur Multilutor, on mélange 1ml de la solution de destruction avec 4ml d'eau distillée dans un tube centrifuge de 38 ml et on y ajoute 5ml du mélange de réaction.

Le dosage se fait par mesure de l'absorption de la lumière avec le spectrophotomètre à une bande de 882 nm.

Le calcul du Phosphore se fait à partir de la quantité de P_2O_5 du sol

$$P(ppm) = \frac{436,6 \times D \times Fx\ (Eéch - Ebl)}{P}$$

Eéch = Valeur spectrophotomètre échantillon ; **Ebl** = Valeur spectrophotomètre blanc ; **F** = Facteur ligne de correction ; **D** = Facteur de dilution ;

P = Poids en g d'échantillon de sol.

d) le Potassium(K)

La solution obtenue après la destruction des échantillons de sol pour l'analyse de P-total a été utilisée pour l'analyse de K. La solution étalon de K a été préparée en utilisant Titrisol 0,1g K et placée dans des tubes centrifuges de 38ml. Le dosage est effectué en présence d'acide sulfurique 4%, puis mesuré avec le spectrophotomètre à flamme.

Calcul de la concentration de K en mg par 100g de sol :

$$V \times D \times (100/P) \times (100/1000) = \text{mg K par 100g de sol}$$

V = valeur flamme-photométrique d'un échantillon de K par litre ;

D = facteur de dilution ; **P** = poids en g d'échantillon de sol

e) Le pH

Vingt grammes(20g) de sol sont déposés dans une fiole, contenant 50 ml d'eau distillée et l'ensemble est mélangé pendant 30 mn. Le pH est mesuré sur la suspension ainsi obtenue par la méthode électrométrique, au pH-mètre à électrode de verre.

3.5 ETUDE DE L'IMPACT DU TRAVAIL DES CHARRUES SUR LA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION

3.5.1 Etude de la strate herbacée

Elle vise à évaluer la dynamique du tapis herbacé induite par le travail des charrues. Ainsi, cette étude s'est réalisée par la détermination de la composition floristique et l'évaluation de la biomasse. La biomasse nous a permis d'apprécier l'intérêt des parcelles pour le bétail en terme de capacité de charge.

3.5.1.1 Dispositif d'échantillonnage

a) Analyse linéaire de la végétation herbacée par la méthode des points quadrats de DAGET *et* POISSONNET (1971)

Cette méthode fournit les meilleurs résultats dans l'interprétation de l'évolution d'un pâturage (BOUDET, 1991). Elle a été mise au point en nouvelle Zélande et a été utilisée avec succès par de nombreux auteurs. Elle permet de caractériser l'importance de chacune des espèces dans le tapis végétal par l'observation de fréquences sous des points appelés « points quadrats » ou « points contacts ».

La méthode permet une analyse qualitative et quantitative des formations herbacées en intégrant l'analyse de la structure spécifique, de la structure verticale et de la structure horizontale (LEVY et MADDEN, 1933 ; BROWN , 1954 ; WARREN-WILSON, 1960 ; POISSONNET, 1969 ; GOOGALL, 1952, 1954 *in* TAITA, 1997).

L'exécution de l'inventaire par la méthode des points quadrats alignés (planche 4) a été réalisé sur les parcelles sylvopastorales. Il a consisté à recenser les présences des espèces à la verticale de points équidistants de 20cm disposés régulièrement le long d'une cordelette en nylon de 50m. Cette cordelette a été fixée à deux jalons et placée au dessus du toit du tapis herbacé. Une tige métallique à bord effilé régulièrement implanté au sol matérialise la ligne de visée.

Les lignes définies à l'aide des jalons ont été réparties de façon aléatoire de manière à intégrer l'hétérogénéité du terrain.(pente, zones nues). Pour cela, elles ont été placées perpendiculairement aux lignes de micro-bassins. Le nombre de lignes a été fixé à quatre par placette, à cause de l'homogénéité du tapis herbacée (recouvrement et diversité floristique). En outre selon BOUDET (1984), ce nombre

permet d'obtenir le résultat au risque d'erreur de 5%. Cent lectures verticales ont été effectuées le long de ces lignes. A chaque point de lecture, on notait sur la fiche d'enregistrement (annexe VII) des points quadrats :

- La présence: c'est l'observation d'une espèce sous un point
- Le nombre de contacts entre la tige métallique, et un organe de l'espèce ou le sol.

Chaque espèce est notée une seule fois afin de donner une meilleure image de la proportion des espèces en projection au sol (BOUDET, 1984 ; TOUTAIN & PIOT, 1980 ; GROUZIS, 1988 *in* DOULKOM, 2000).

Les travaux se sont déroulés du 7 au 14 septembre 2002. Les espèces étaient en floraison/fructification et faciles à identifier. Les données sur la végétation herbacée recueillies sur les fiches d'observation ont permis de calculer les paramètres suivants :

- **la fréquence spécifique (FSi)** qui est le nombre de points où une espèce (i) a été recensée. Elle correspond à un pourcentage de couvert.
- **la contribution spécifique (CSi)** qui indique la contribution de l'espèce (i) à la constitution du tapis herbacé ;

$$CSi = 100 \times FSi / \sum_{i=1}^{n} FSi$$

Si cette formule donne des résultats appréciables, en revanche elle ne permet pas de prendre en compte toutes les espèces présentes sur le site (BOUDET, 1984). C'est ainsi que lorsque nous finissions de parcourir les lignes, nous recensions les espèces non rencontrées sur les lignes que nous notions en extension selon GODRON *et al.* (1968, *in* SAWADODO, 1996) ;

Ph.:T.S.Zoubga/sept.2002.

Planche n° 4 Application de la méthode des points quadrats sur la parcelle sylvopastorale de Gaïkgoata

b) Estimation de la biomasse épigée

La biomasse désigne la quantité de matière végétale présente sur une aire donnée. La quantité et la qualité de cette matière vivante fourragère varient considérablement dans l'espace et le temps (PANOS *et al.*,1983). Elle constitue l'essentiel de l'alimentation du bétail.

De nombreux auteurs ont montré l'existence d'un lien entre la biomasse et le cycle phénologique des espèces (ZOUNGRANA, 1991; SAWADOGO, 1990; SAWADOGO, 1996). Ainsi, la phytomasse évolue en "cloche" au cours du cycle phénologique. La production augmente jusqu'à l'épiaison chez les graminées. La fructification déclenche une phase de décroissance correspondant à l'arrêt de la production de biomasse.

Pour le cas de nos sites, la période de mi-septembre retenue correspondait à la phase de production maximale. La méthode dite de récolte intégrale (BOUDET,1984) a été utilisée pour évaluer la biomasse herbacée des sites. C'est une technique simple, directe, précise, fiable et utilisable avec succès en milieu sahélien (SAWADOGO, 1996).

Le nombre de répétitions a été fixé à 5 par placette en raison de l'homogénéité de la végétation soit 15 au total pour chaque parcelle sylvopastorale. L'unité de mesure est un cadre métallique de 1m². Ce cadre a été jeté au hasard de façon à obtenir une quantité de biomasse représentative du couvert végétal. La partie aérienne de la strate herbacée délimitée par le cadre est intégralement fauchée. La biomasse fraîche est pesée à l'aide d'un peson à ressort. Dans la biomasse fraîche totale des 15m², nous avons prélevé un échantillon composite que nous avons séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures, pour déterminer le poids de la Matière Sèche (MS). L'évaluation de la biomasse s'est déroulée concommittamment avec l'inventaire. La biomasse en tonnes de MS est égale au poids de MS de l'ensemble des organes aériens vivants par unité de surface.

3.5.1.2 La capacité de charge

« La capacité de charge est la quantité de bétail que peut supporter un pâturage sans se dégrader, le bétail devant rester en bon état d'entretien, voire prendre du poids ou produire du lait pendant son séjour sur le pâturage » (BOUDET, 1984). Cependant, la biomasse n'est pas disponible toute l'année et la totalité de la production d'un pâturage n'est pas utilisée par le bétail GROUZIS (1998).

Ainsi, la durée d'utilisation du pâturage d'une parcelle sylvopastorale est variable suivant sa position par rapport aux champs de culture. Pour les parcelles situées hors des champs, la période maximale d'utilisation est de 365 jours. Pour celles situées à proximité des champs, la période d'utilisation considérée va de décembre à juin soit 212 jours.

Sachant qu'une UBT (Unité Bovin Tropicale) consomme 6,25 kg de MS par jour et que la fraction de phytomasse consommée est de 1/3 (coefficient d'utilisation) de la production (GROUZIS, 1988 ; CARRIERE, 1995 *in* DOULCOM, 2000), la capacité de charge (CC) des parcelles a été calculée à partir de la formule suivante (BOUDET, 1991):

$$\mathbf{CC = \frac{Production\ biomasse(en\ KGMS/ha) \times K\%}{6{,}25\ (KGMS/UBT/j) \times Période\ d'utilisation}}\ \mathbf{, en\ UBT/HA/an}$$

K= Coefficient d'utilisation (1/3)

$$\mathbf{Ou\ encore,\ CC = \frac{biomasse\ totale}{3 \times 6{,}25}}\ \mathbf{, en\ nombre\ de\ jours\ de\ pâture/UBT}$$

3.5.2 Etude de la strate ligneuse

L'impact du travail des charrues sur la strate ligneuse a été apprécié à travers l'inventaire. Etant dans le cas de formations artificielles, la composition floristique est déjà connue ; il s'est agi donc de présenter les formations ligneuses en termes de taux de réussite (densité) et de régénération, de taux de recouvrement, de structure (croissance en diamètre) et de stratification.

3.5.2.1 Dispositif d'échantillonnage

L'inventaire a consisté à compter systématiquement les plants sur chacune des placettes de 2500 m² et à les enregistrer dans les fiches de comptage selon leur origine: plantation, semis direct, régénération naturelle. Cette opération a permis d'évaluer le potentiel ligneux des différentes parcelles.

3.5.2.2 Paramètres mesurés

Compte-tenu de l'âge maximum des plants (5ans), pour chaque pied sont notées l'espèce et ses caractéristiques suivantes :

- **Le diamètre du tronc** à 30 cm du sol à cause des ramifications basales précoces ;
- **La hauteur totale** mesurée à l'aide d'une latte en bois graduée ;
- **Le diamètre du houppier** ;

Le diamètre du houppier a été mesuré sur un échantillon de 30 pieds choisis au hasard. Ce paramètre a permis de calculer le Diamètre Moyen du Houppier (DMH), puis le recouvrement (R%). En effet, pour calculer le recouvrement, LE HOUEROU (1980), préconise d'assimiler la couronne de l'arbre à un cercle ayant comme diamètre, une moyenne établie à partir des mesures de deux dimensions extrêmes de la couronne.

Ces dimensions de la couronne ont été mesurées selon deux directions perpendiculaires quelconques (d1 et d2) choisies au bas de chaque ligneux.

Le DMH du pied est obtenu à partir de la moyenne des deux mesures.

Ces données dendrométriques ont servi à déterminer les paramètres suivants:

- **la densité(N/ha)** qui est le nombre de pieds inventoriés par placette, puis rapporté à l'ha.
- **le taux de recouvrement** de chaque pied à partir de la formule suivante (CARRIERE, 1995):

$$R(\%) = \frac{Sh \times 100}{Sp} \quad \text{avec}$$

Sh = Surface du houppier ; **Sh = 1/4 x $\pi D^2 MH$** ;

Sp = Surface de la placette d'inventaire (2500m²).

Il traduit la projection au sol du houppier. Le recouvrement total est obtenu par sommation des recouvrements des pieds échantillonnés, rapporté à la densité des pieds à l'ha.

- **La structure des formations** : c'est la distribution des individus par classes de diamètres. Elle permet d'apprécier l'allure générale de la population ligneuse. Pour ce faire, nous avons retenu des classes de 4 cm en 4 cm (≤4 cm ; 4- 8 cm; 8 - 12 cm ;≥12 cm).
- **La stratification des formations** : les classes de hauteurs retenues sont celles de 1m en 1 m (≤1m ; 1- 2 m ; 2 – 3 m ; ≥3 m).

Cette organisation a permis de donner une classification générale des individus recensés. Ainsi, étant donné que les formations sont dans une seule strate (la strate arbustive) selon la classification du MET de 1996, nous avons regroupé les individus en deux groupes d'après leur origine :

- Les individus issus de la régénération naturelle dont la hauteur "H" < 1 m et le diamètre "D"< 2 cm ;
- Les individus issus de semis direct de semences forestières ou de plantation (installés après le travail du sol) dont H≥ 1 m et D≥ 2 cm. Ce groupe a été subdivisé en deux sous-strates : 1 ≤ H < 2 m et 2≤ H≤ 5m.

Enfin, pour l'analyse de la population végétale, nous nous sommes intéressé à cinq espèces pour apprécier la régénération naturelle et quatre espèces dominantes issues de semis ou de plantations.

3.6 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Le traitement des données des différents paramètres a été fait à l'aide du tableur Excel 2000 version 5.0. Cela nous a permis de présenter les tableaux de synthèse et d'illustrer les résultats par les histogrammes. Quant au traitement des données d'enquête, le dépouillement a d'abord été manuel. Pour ce faire, nous avons élaboré une grille de dépouillement à partir des codes des réponses (annexe IV). Ensuite, à l'aide de EXCEL, les données ont été traitées et les réponses significatives ont été obtenues.

CHAPITRE IV:

Résultats et discussions

4.1. ENQUETE AUPRES DES POPULATIONS BENEFICIAIRES SUR LES AMENAGEMENTS

4.1.1 Caractéristiques de l'échantillon

En fonction des critères d'échantillonnage et des informations d'identification, les personnes interrogées se répartissent de là façon suivante (tableau 1):

Tableau 1: Composition de l'échantillon d'enquête

Facteurs/Critères	Désignation	Nombre	Pourcentage
Activité	Agriculteurs - exploitants - non-exploitants	 25 20	50
	Eleveurs	45	50
Genre	Hommes Femmes	70 20	78 22
Position par rapport à l'organisation paysanne	- Membre du bureau du CV/GV - Membre du CV/GV - Non Membre du CV/GV	10 50 30	11 56 33
Age	17-30 ans Plus de 30ans	39 51	43 57

Le tableau 1 indique la présence dans l'échantillon des principaux groupes socioprofessionnels ; notre souci était de saisir au mieux les différences de vue selon le niveau d'engagement de chaque groupe dans la mise en oeuvre des activités.

Cependant, le traitement des données a montré une variation significative des réponses surtout entre les agriculteurs et les éleveurs. En conséquence, la discussion qui suivra va s'organiser autour de ces deux groupes.

La perception des populations bénéficiaires des travaux des charrues a été synthétisée et analysée autour de quatre thèmes :

- Les charrues *Delphino* et *Tréno* et le travail du sol ;
- L'impact agrosylvopastoral du travail du sol par les charrues ;
- L'impact socio-économique des activités de récupération des terres fortement dégradées ;
- La gestion actuelle des sites et les perspectives.

4.1.2. Perception paysanne du travail des charrues Delphino et Tréno

Cette étape de l'enquête visait à évaluer le niveau des connaissances par les producteurs du travail du sol à l'aide des charrues. Cette connaissance a été appréciée en termes de performance, d'efficacité des aménagements face à l'état de dégradation des sols et ceci, en relation avec la durabilité des ouvrages anti-érosifs.

Ainsi, les producteurs interrogés dans leur totalité affirment assister de manière impuissante à la détérioration des qualités productrices de leurs terres. L'introduction des charrues leur permet d'espérer la restauration des potentialités agrosylvopastorales des sols au regard des résultats enregistrés sur leurs sites respectifs. Ils estiment que les grands espaces travaillés en trois années n'auraient pas été possibles sans l'apport des charrues. En effet, selon les rapports du Projet GCP, plus de 700 ha ont été travaillés à l'aide des charrues dans la région de Djibo entre 1997 et 2000. Ces superficies sont même en deçà de la performance de l'unité tracteur-charrues qui peut dans les conditions optimales, travailler entre 10 à 15 ha / jour.

Les producteurs sont unanimes à penser que les ouvrages permettent le stockage d'eau à une profondeur favorable au développement des végétaux, le dépôt de terre arable, la lutte contre l'érosion hydrique. Toutefois, 60% des personnes interrogées se prononcent en faveur de la *Tréno* en affirmant que les sillons cloisonnés retiennent mieux les eaux de ruissellement que les demi-lunes.

L'efficacité du travail du sol est sans doute liée à la durée de vie des ouvrages, elle-même dépendant de la nature du sol et des aménagements. Ce constat vient des producteurs qui ont apprécié (tableau 2) la durée de vie des micro-bassins en nombre de saisons selon la nature du sol et le type de charrue utilisée.

Tableau 2: Appréciations paysannes de la durée de vie des demi-lunes et des sillons en nombre de saisons.

Type de sol	Demi-lunes (*Delphino*)			Sillons cloisonnés (*Tréno*)		
	Nombre de saisons	Durabilité	Proportion des réponses	Nombre de saisons	Dura-bilité	Proportion des réponses
Sableux	2 à 3	Peu durable	80%	3 à 4	Peu durable	77%
Sablo-argileux	3 à 5	Peu durable	70%	4 à 5	Peu durable	75%
Argilo-Sableux	> 5	Durable	75%	> 5	Durable	90%
Argileux	> 5	Durable	85%	> 5	Durable	90%

Les producteurs constatent, que les sols sableux sont à éviter, car les ouvrages sont peu durables. Ils se comblent au bout de deux à trois saisons pluvieuses sous l'action du vent et des eaux de ruissellement, pour les demi-lunes (80% des réponses) et trois à quatre saisons pluvieuses pour les sillons (77% des réponses). Les ouvrages réalisés sur des sols sablo-argileux sont également peu durables, mais pourraient résister aux intempéries jusqu'à cinq saisons pluvieuses. Sur les sols argilo-sableux et argileux, les ouvrages résisteraient au-delà de cinq saisons. Ce temps est suffisant pour permettre l'installation de la végétation qui renforce les ouvrages.

Ces appréciations concordent pour une grande partie avec les recommandations de VALLERANI (1995) et reprises par DETRAUX et KEITA (1999), selon lesquelles l'usage des charrues sur des sols à texture sableuse n'est pas recommandé.

4.1.3 Aperçu sur l'impact agrosylvopastoral

4.1.3.1 Impact sur l'exploitation agricole

Dans cette partie, l'enquête visait à apprécier l'impact de la mise en valeur des terres travaillées sur le foncier. Ceci permettrait de savoir si la réhabilitation des terres dégradées et l'augmentation des superficies exploitables qui s'en est découlée, pourraient constituer une voie d'accès à la terre pour les « sans terres ». Cette question est d'autant plus intéressante que l'objectif phare de la récupération des sols que le projet s'était fixé était d'arriver dans le long terme à arrêter le flux migratoire des populations du Nord vers le Sud.

Dans ce sens, les ouvrages réalisés entre 1997 et 2000, ont permis d'accroître substantiellement les superficies cultivables. En effet, elles sont de 31,5 ha à Borghiendé, 26 ha à Gaïkgoata et 34 ha à Sô. La superficie octroyée à chaque exploitant est en moyenne d'un ha. A Gaïkgoata, 50% des agriculteurs interrogés affirment que 14 champs (de 1à 2ha) ont été mis en jachère grâce aux espaces travaillés. Ce qui n'est pas le cas dans les 2 autres villages.

La récupération des terres a permis d'introduire le zaï* dans les villages dans le cadre de l'exploitation des inter-linges. Cependant, le zaï, malgré ses effets bénéfiques, est actuellement en passe d'être négligé à cause de ses contraintes(liées au volume de travail). Ce constat pose la problématique de l'adoption des

* le zaï n'était pas pratiqué dans ces villages avant l'introduction des charrues

technologies complémentaires par les producteurs, dont le rôle serait de renforcer l'action mécanique des micro-bassins et d'accélérer la récupération des sols.

Toutefois, les exploitants reconnaissent que les mesures d'intensification (zaï améliorée, utilisation de variétés améliorées de mil et de Niébé etc.) qu'ils appliquaient avec l'appui du projet GCP et du PSSA permettaient d'accroître les rendements même en mauvaise saison. Par exemple en 1998, on a enregistré des rendements de plus de 700kg de mil et 500kg de Niébé sur des terres jadis incultes (DETRAUX et KEITA, 1999).

L'enquête a permis de noter des rendements extrêmes de mil de 600kg /ha à Sô et 1500kg /ha de sorgho à Gaïkgoata. Avec le zaï sur sols dénudés, le rendement peut atteindre 800Kg/ha (ROOSE *et al.,* 1995). KABORE (1994, *in* MANDO *et al.*, 1999) parle de rendement pouvant atteindre 900kg/ha de sorgho sur un « Zippellé » de type gravillonnaire, si le zaï est réalisé avec apport d'engrais minéraux. Pour le cas de nos sites, l'apport principal est l'épandage du fumier sur sol sableux à sol limono-argilo-sableux.

La baisse des rendements évoquée par les producteurs est liée selon eux aux sécheresses annuelles ; Pour notre part, elle résulte de l'arrêt de l'encadrement intervenu avec la fin du projet.

L'attribution des parcelles de culture aux exploitants est assurée par les responsables des GV/CV. En général, cette tâche est dévolue au chef de terre ou aux propriétaires terriens (cas de Gaïkgoata). Ce changement a été très circonstanciel. Toutefois, dans l'un ou dans l'autre cas, nous n'avons pas constaté une sécurité foncière pour les producteurs installés sur les sites, sauf dans le cas où l'appropriation est antérieurement acquise.

Enfin le changement notable apporté par la récupération des terres dégradées est la reconversion de zones de pâturage en champs de culture. Cette situation selon 60% des réponses, créée parfois des mécontentements au sein des éleveurs.

4.1.3.2 Impact sur la production fourragère

Le travail du sol a considérablement influencé la dynamique du couvert végétal. Toutes les personnes interrogées sont épatées par l'importance de la régénération fourragère en termes de quantité et de diversité floristique. La croissance végétale est plus rapide et même que des espèces herbacées qui avaient disparues des sites, il y a très longtemps sont de nouveau rencontrées.

Parmi ces espèces, sont citées *Pennisetum pedicellatum, Panicum spp, Leptadenia hastata, Alysicarpus ovalifolius.* Ce constat est confirmé par les résultats

de l'inventaire floristique (tableau 5) et par DETRAUX et KEITA (1999), qui relevaient que 25 tonnes de foin ont été récoltées à Sô en 1999.

Les espèces herbacées rencontrées sont moyennement appétées à très appétées selon 72% des réponses obtenues. Ainsi, les sites sont des pôles d'attraction du bétail (bovins, ovins, caprins) en saison sèche.

Si la présence du bétail sur les sites peut favoriser le retour des prélèvements par les déjections, en revanche, elle s'accommode peu avec les plants reboisés (cas de Sô).

La forme d'exploitation du fourrage régénéré ne fait pas l'unanimité au sein des producteurs. Si les agriculteurs pensent que la fauche et la conservation du fourrage est un mode de gestion qui protège les jeunes plants, les éleveurs estiment que le pâturage traditionnel et extensif leur convient le mieux.

La récupération réduit les zones de pâture si l'exploitation agricole est privilégiée Pour plus de justice, les éleveurs proposent de prévoir, à l'avenir, des aménagements pastoraux dont la gestion leur sera confiée.

4.1.3.3 Impact sur le reboisement

Les reboisements effectués dans les différents villages ont jusque-là donné des résultats médiocres. Dans la province du Soum, on enregistrait entre 1988 et 1994 des taux de survie des plants inférieurs à 20%. La forte mortalité constatée était consécutive à l'attaque des termites, à la mauvaise préparation du sol, à la sécheresse et surtout à la divagation des animaux. Sur les parcelles travaillées à l'aide des charrues, le taux de survie des plantations (évaluation 2002) va de 49 à 100%.

Ainsi, 80% des personnes interrogées pensent que les sites de récupération des sols ont redonné de l'espoir aux reboisements. Ces sites constituent les lieux privilégiés de plantation d'espèces locales (*Acacia spp*) pour renforcer les ouvrages, produire du bois ou du fourrage.

A Gaïkgoata, les éleveurs qui étaient sceptiques au départ affirment aujourd'hui trouver sur les parcelles du fourrage herbacé et ligneux en quantité et qualité appréciables. Un tel intérêt est aussi partagé par les agriculteurs qui récoltent sur la parcelle de 1997 des fruits de *Ziziphus mauritiana* (300Kg environ en 2002) et de *Acacia nilotica* (utilisés pour le tannage).

4.1.3 Impact socio-économique

La récupération des terres dégradées a permis l'octroi d'équipements agricoles aux producteurs. Ces équipements se composent d'une vingtaine de charrettes, de dix botteleuses, de matériel de pépinière et de CES. Elle a en outre favorisé le développement d'activités connexes. A Gaïkgoata, les femmes ont été formées et équipées à la fabrication de savon à base de graines de *Balanites aegyptiaca.* Dans la zone de Borghiendé et de Sô, il y a eu la mise en place par le projet GCP en 2000 d'un fonds d'auto promotion de plus de 18 millions de FCFA. Ce fonds permet le micro-financement d'équipements agricoles, de petit commerce et d'embouche. Cependant l'accès a ce fonds est encore très restrictif et marginal. Les éleveurs et les non-exploitants disent ne pas être informés de son existence et même ceux qui le savent ne peuvent pas en bénéficier.

En outre, les sites constituent une source de revenus par la fauche et la vente de foin. A titre d'exemple, en mai-juin, une charretée d'herbe est vendue entre 3000 et 5000 FCFA dans la ville de Djibo.

Dans le domaine des conflits, les personnes rencontrées pensent que les conflits qui existaient au départ entre les agriculteurs et les éleveurs ont diminué à cause des intérêts que chacun tire des sites de récupération.

4.1.4 Gestion des sites et perspectives

Les questions formulées dans ce sens ont surtout concerné les responsables des GV/CV qui ont été impliqués depuis le début dans la mise en œuvre des activités.

Tous perçoivent, l'intérêt multidimensionnel de travailler les sols et de récupérer les terres dégradées qui augmentent au fil des ans.

Des espaces dénudés ont été travaillés, mais beaucoup d'autres restent encore estiment-ils. Ils sont partagés entre la nécessité d'accroître les superficies travaillées et le soucis de protéger et renforcer les acquis existants. Toutes les personnes interrogées pensent ne pas être en mesure de continuer la récupération sans l'appui de projets et des services techniques.

En effet, les charges de fonctionnement, de location des services des charrues ne sont pas à la portée des producteurs. Aussi, le dynamisme des organisations paysannes a-t-il baissé avec la fin du projet. Toutefois, les agriculteurs estiment qu'ils assureront la protection des sites contre le bétail et la coupe, l'entretien des ouvrages et les tailles sylvicoles, dans le cadre des activités individuelles des champs.

4.2 ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS

4.2.1 Caractérisation des micro-bassins

Les mesures des interlignes et l'écart entre deux micro-bassins ont donné les résultats suivants : un hectare de terre travaillée comporte 300 demi-lunes soit une surface retournée de 400 m² ou 440 sillons cloisonnés soit une surface retournée de 600 m². Ces résultats correspondent aux valeurs définies par VALLERANI (1995), suivant la pluviométrie de la zone à travailler

Sur 120 micro-bassins mensurés, nous avons constaté que la surface des ouvrages variait peu, même quand ceux-ci sont totalement comblés. Il reste toujours une zone humectable, colonisée par un tapis herbacé plus ou moins dense.

La profondeur a donc un rôle prépondérant à jouer dans la persistance de l'action mécanique de l'ouvrage. Alors, les profondeurs moyennes obtenues par parcelle se présentent dans le tableau 3.

Tableau 3: Profondeur moyenne (cm) des ouvrages par parcelle sylvopastorale

Parcelles	PSD/99 (demi-lunes)	PSD/97 (demi-lunes)	PST/97 (sillons)	PST/99 (sillons)
Profondeur moyenne (cm)	3,167	2,067	9,167	10,400
Ecart-type	2,29	0,74	2,49	3,00
Coefficient de variation (Cv)	72%	36%	27%	29%
Taux de comblement	92%	95%	77%	74%

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Les profondeurs des demi-lunes de la PSD/99 sont très disparates(tableau 3). Elles vont du comblement intégral à des profondeurs pouvant aller à plus de 15 cm. C'est ce qui explique le coefficient de variation de 72%. Cette variation s'explique par la texture limono-sableuse à limono-argilo-sableuse des horizons supérieurs du sol.

La PSD/97 est située sur un terrain plat (1-2% de pente), mais la dominance sableuse du sol à 70 % entre 0 et 30 cm de profondeur pourrait être à l'origine du comblement avancé et presque homogène des demi-lunes (95%).

La PSD/97 a le même type de sol que la PSD/99, mais le comblement homogène des ouvrages font que le Cv est moindre (36%) par rapport à celui de la PSD/99 (72%). On observe de ce fait, une régression des demi-lunes avec le temps.

En comparant les ouvrages par année de travail du sol et par type de charrue, on remarque que les sillons sont moins comblés que les demi-lunes. Pourtant, la PST/99 et la PST/97 sont des parcelles à pente relativement plus forte que les autres (2 à 5%). Le comblement des sillons sur ces parcelles est variable selon la toposéquence. Néanmoins, le fait que la PST/97 soit argileuse à 30% à 30 cm de profondeur, permet le maintien des ouvrages encore actifs après 5 ans. Aussi, la reprise rapide des semis sur la PST/97 a permis le renforcement des sillons.

La nature des ouvrages fait ressortir deux constats :

- la densité des sillons (440/ha) est plus élevée que celle des demi-lunes(300/ha);
- les demi-lunes sont séparées entre elles par deux mètres qui constituent un passage de l'eau de ruissellement.

4.2.2 Texture des sols

Les proportions moyennes de sable, d'argile et de limon à 0 – 15 cm et à 15 – 30 cm de profondeur par parcelle sont présentées en annexe IX.
Elles sont illustrées par les figures 3 et 4. Pour la légende des parcelles, voir tableau 4.

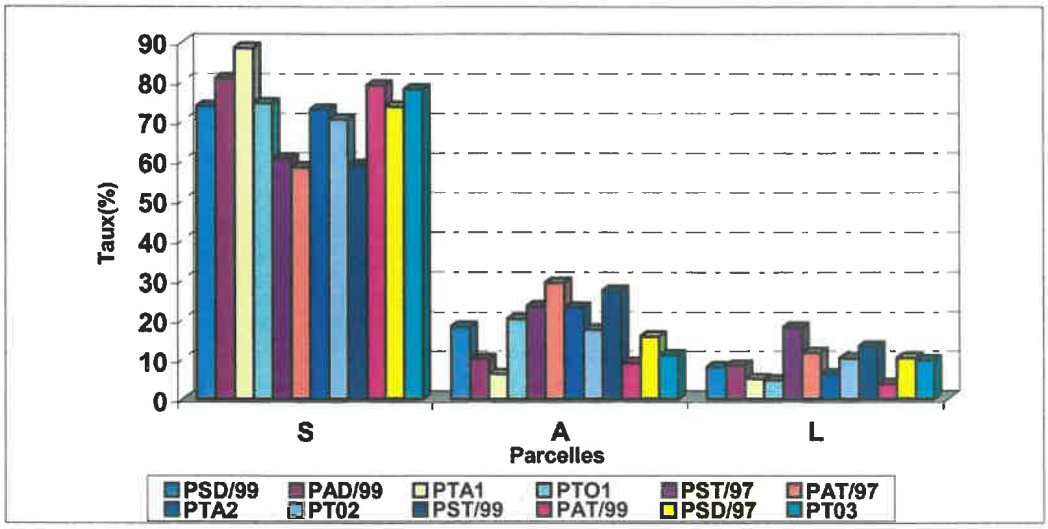


Figure n° 3: Taux de sable, d'argile et de limon des parcelles à 0-15 cm

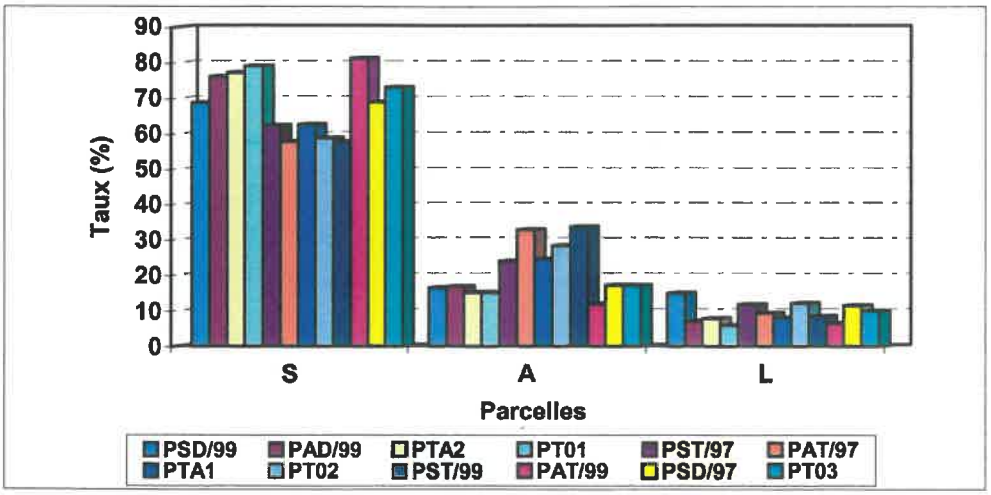


Figure n° 4: Taux de sable, d'argile et de limon des parcelles à 15-30 cm

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

L'analyse des figures 3 et 4 permet de faire les observations suivantes :

- les proportions de sable qui varient entre 58et 88 % ne montrent pas de différences significatives entre les horizons 0-15 et 15-30 cm.
- les parcelles agroforestières (même les témoins) sont un peu plus sableuses que les parcelles sylvopastorales ;
- les proportions de sable et d'argile ne sont pas significativement différentes entre les parcelles expérimentales et les témoins ;
- la comparaison par type de charrue montre(à l'exception de la PAT/99), que les parcelles travaillées à l'aide de la charrue *Delphino* sont plus sableuses que celles travaillées à l'aide de la *Tréno* qui ont en revanche des proportions d'argile relativement plus élevées ;
- Les proportions de limon ne sont pas significativement différentes à 0-30 cm de profondeur pour chaque traitement et entre les traitements.

Les différences observées sur les proportions de sable et d'argile entre parcelles travaillées à l'aide de la *Delphino* et de la *Tréno*, sont simplement liées aux sites. En effet, les parcelles travaillées à la *Delphino* sont situées sur des sites voisins (Sô et Borghiendé), naturellement sableux (70%).

L'accroissement du taux de sable sur les parcelles agroforestières, peut s'expliquer par la mise en culture. En témoigne la PTA1 (parcelle témoin) qui a le

plus fort taux de sable (88% à 0 – 15 cm et 77% à 15 – 30 cm). Le travail à répétition du sol, tout en améliorant sa porosité, permet l'accès aux éléments minéraux qui étaient piégés et le dépôt de sable par la rugosité qu'il crée.

Le faible taux de sable sur la PST/97 et la PAT/97 est aussi favorisé par le recouvrement ligneux (73 et 50%) et herbacé, qui réduit de façon considérable les phénomènes érosifs et enrichit le sol en MO (0,89% et 0,98% à 0 – 15 cm). Ce qui n'est pas le cas de la PSD/99 qui a un très faible couvert ligneux (3%) et dont les micro-bassins peuvent constituer des zones d'accumulation de sable.

La proportion des éléments granulométriques a permis de définir la classe texturale de chaque sol comme l'indique le tableau 4

Tableau 4: Texture des sols des micro-bassins par parcelle de 0 – 30 cm de profondeur

Villages	**Parcelles**	**Texture**
BORGHIENDE	PSD/99	Limon sableux à LAS
	PAD/99	Sable limoneux
	PTA_1	Sable à sable limoneux
	PT_{01}	LAS
GAIKGOATA	PAT/99	Limon sableux à LAS
	PAT/97	LAS
	PST/99	LAS
	PST/97	LAS
	PTA_2	Sable limoneux à LAS
	PT_{02}	Sable limoneux à LAS
SO	PSD/97	Sable limoneux à LAS
	PT_{03}	Sable limoneux à LAS

LAS = limono-argilo-sableux ; P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Le tableau 4 présente globalement deux principales classes texturales confirmant la dominance sableuse des sols(58 à 88% annexe IX). Les sols sablo-limoneux à limono-argilo-sableux regroupent les PAD/99, PAD/99, PSD/97 et les témoins. Ceci montre que le travail du sol n'a pas apporté de modifications de texture aux sols au bout de trois et cinq ans, surtout que la couverture végétale de la PSD/97 est faible (13%).

Les sols limono-argilo-sableux qui regroupent la majeur partie des parcelles travaillés à l'aide de la *Tréno* à Gaïkgoata. Les parcelles à faible couverture végétale sont limono-sableux à LAS (PAT/99) ou sablo-limoneux à LAS (témoins). Sur les sites, il y'a une différence de texture avec les sols témoins.

Ceci confirme le rôle majeur qu'ont joué les sillons dans la reconstitution de la végétation, passage obligé dans les processus de réhabilitation des sols dégradés.

4.2.3 Humidité des sols

L'humidité pondérale moyenne de chaque parcelle en juin, juillet et août est donnée en annexe VIII. Les figures 5, 6 et 7 montrent l'évolution de l'humidité par traitement et par période de mesure. Dans l'ensemble le stock d'eau varie en fonction de la profondeur et de la période de mesure.

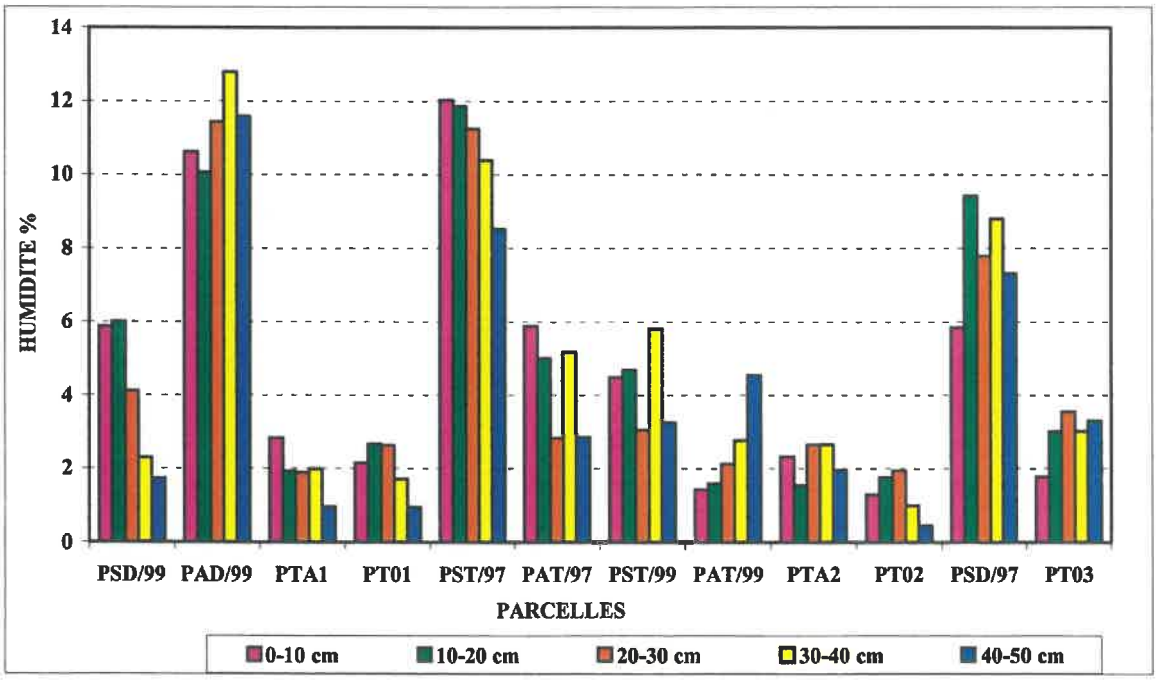


Figure n° 5: Humidité pondérale moyenne des parcelles au mois de juin

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Sur toutes les parcelles travaillées, l'humidité des horizons varie de 2 à 13 %, tandis que celle des témoins est dans l'ensemble inférieure à 4%.

Trois parcelles se distinguent par une humidité à 0-20 cm allant de 6 à 10%. Il s'agit de la parcelle agroforestière travaillée à l'aide de la *Delphino* en 99 (PAD/99),

de la parcelle sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Tréno* en 97 (PST/97) et de la parcelle sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Delphino* en 97 (PSD/97).

La PST/97 est marquée par une humidité décroissante de 12 % (0-10 cm) à 9% (40-50 cm) pour une pluviométrie de 10mm.

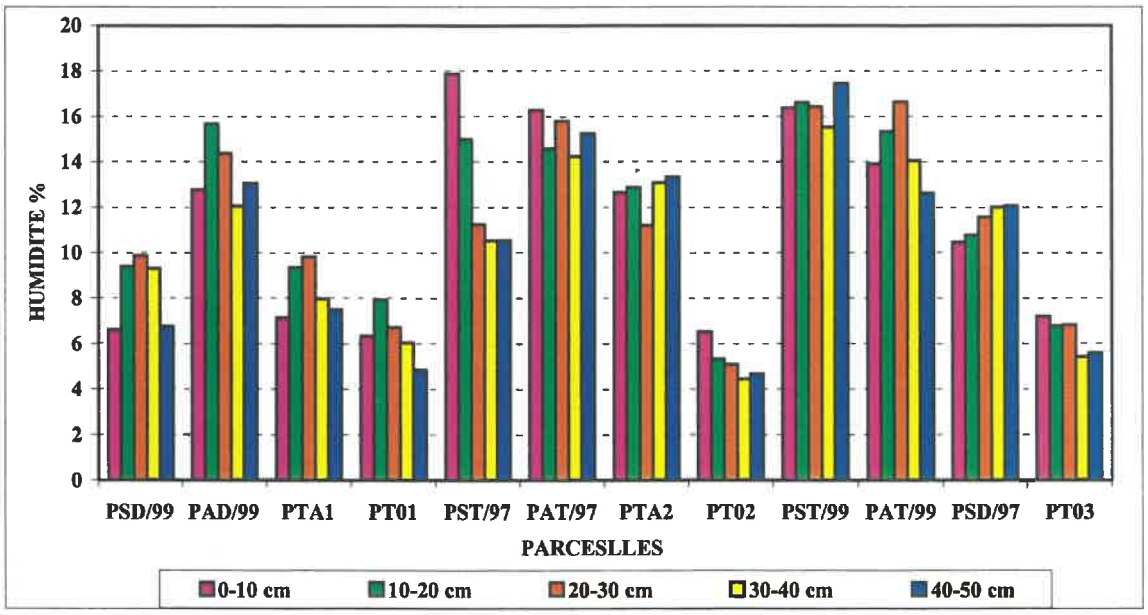


Figure n° 6: Humidité pondérale moyenne des parcelles au mois de juillet

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Les parcelles travaillées sont plus humectées qu'en juin, avec des humidités sans distinction d'horizons allant de 10 à 18 %, sauf sur la PSD/99. Cette dernière, bien que son humidité soit accrue de 6 à 10%, reste faible par rapport aux autres.

L'écart des humidités est réduit avec les témoins, qui ont un taux d'humectation allant de 6 % (témoin zéro de Gaïkgoata) à 10 % (témoin agricole de Borghiendé). L'humidité maximale (18 %) est enregistrée sur la PST/97, mais celle-ci décroît brusquement à moins de 12 % à 40-50 cm de profondeur.

La parcelle agroforestière travaillée à l'aide de la *Tréno* en 97 (PAT/97), la PAT/99 et la PST/99, ont un taux d'humidité assez bien répartie entre les horizons.

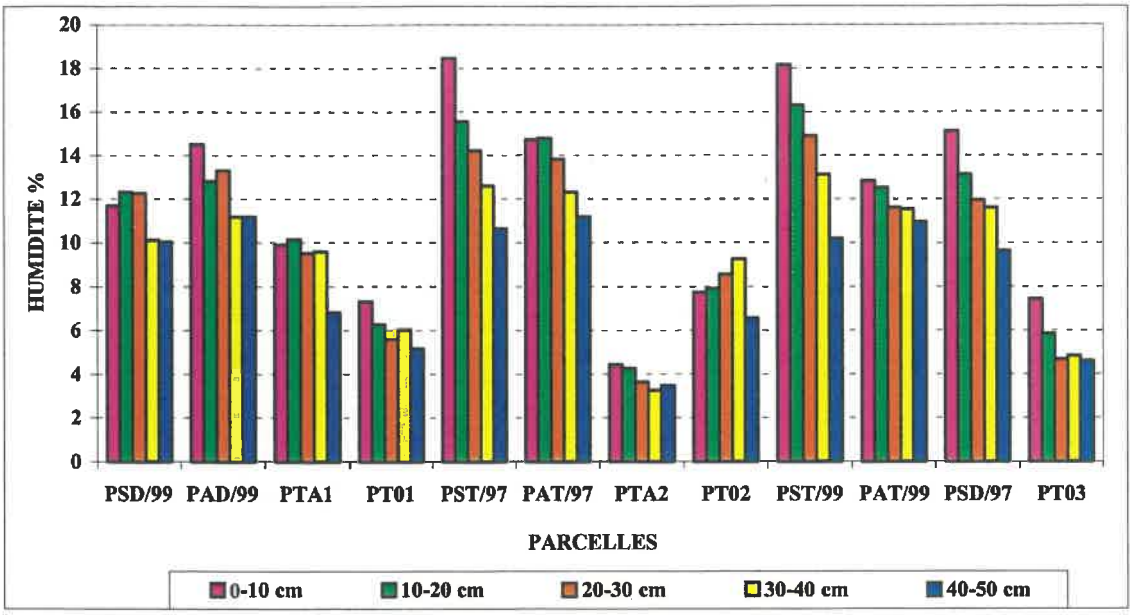


Figure n° 7: Humidité pondérale moyenne des parcelles au mois d'août

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Le front d'humectation des parcelles évolue positivement. On remarque une décroissance logique de cette humidité des horizons supérieurs vers ceux situés en profondeur. La PAD/99 enregistre un taux toujours meilleur (plus de 12% à 0-30 cm) par rapport à la PSD/99 (12% pour la même profondeur). Les PST/97 et PST/99 ont l'humidité maximale, soit plus de 18% à 0-10 cm de profondeur.

L'humidité d'août à 0-20 cm des parcelles agroforestières travaillées à l'aide de la *Tréno* est 3 à 4 fois supérieure à celle des témoins. Par contre, pour la parcelle sylvopastorale travaillée à la *Delphino* en 99 cette humidité est 2 fois supérieure au témoin.

La supériorité des stocks d'eau des parcelles travaillées à la charrue *Delphino* et *Tréno* par rapport à ceux qui n'ont pas été travaillées, confirme l'objectif recherché dans le travail du sol : Améliorer les propriétés hydrodynamiques du sol telles l'infiltration (OUATTARA, 1984). C'est ce qui explique les résultats obtenus sur la végétation ligneuse et/ou herbacée, comme l'affirment NICOU *et al.*(1990), que l'accroissement de la porosité engendre des conséquences positives sur le développement du système racinaire.

D'une manière générale, la parcelle sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Tréno* en 97 a eu une humidité régulièrement croissante et qui a atteint le maximum en août. Elle retient plus d'humidité que la parcelle agroforestière travaillée à la même charrue en 97. Cette situation s'explique par le recouvrement (73%) qui permet à la parcelle de conserver son humidité. Cette même tendance s'observe au niveau de la parcelle sylvopastorale travaillée à l'aide de la *Tréno* 99 dont l'humidité (à partir de juillet) a tendance, à dépasser celle des parcelles agroforestières travaillées à l'aide de la *Tréno* en 99 et 97. Cette parcelle a non seulement un recouvrement herbacé très important (comprenant *Leptadenia hastata* CSi = 5,9 %), mais aussi les sillons sont encore plus actifs que ceux des parcelles agroforestières.

Les parcelles travaillées à la *Tréno* conservent plus d'humidité, à cause de la plus grande capacité de stockage d'eau et de la durée de vie plus longue des sillons (cf. 4.2.1). Les parcelles sylvopastorales sont moins humectées que les parcelles agroforestières dans les villages de Borghiendé et de Sô. A l'opposé, sur les parcelles travaillées à la *Tréno*, les parcelles sylvopastorales sont plus humides que celles abritant l'agroforesterie.

Ainsi, la mise en culture des parcelles travaillées augmente leur taux d'humidité. Elle empêche le recolmatage du sol, modifie chaque année sa structure et améliore sa capacité de rétention d'eau de surface.

Les sols sont sableux, limon sableux à limono-argilo-sableux (Tableau 4). Ce qui laisse prévoir une infiltration de l'eau dans les couches souterraines des sols. En réalité l'infiltration est lente à cause de la présence de limon et de sable qui se tassent sous l'effet des pluies, donnant des sols un peu battants. D'où la baisse de l'humidité dans les parcelles sylvopastorales (PSD/97) qui ont tendance à régresser quand la végétation s'installe mal.

Les résultats obtenus ne permettent pas de conclure qu'un modèle agroforestier permet au sol de garder plus d'humidité que l'autre. D'autres mesures plus rapprochées seront nécessaires pour permettre une appréciation dans ce sens.

4.2.4. Caractéristiques chimiques des sols

Les résultats de l'analyse chimique sont fournis par l'annexe IX.

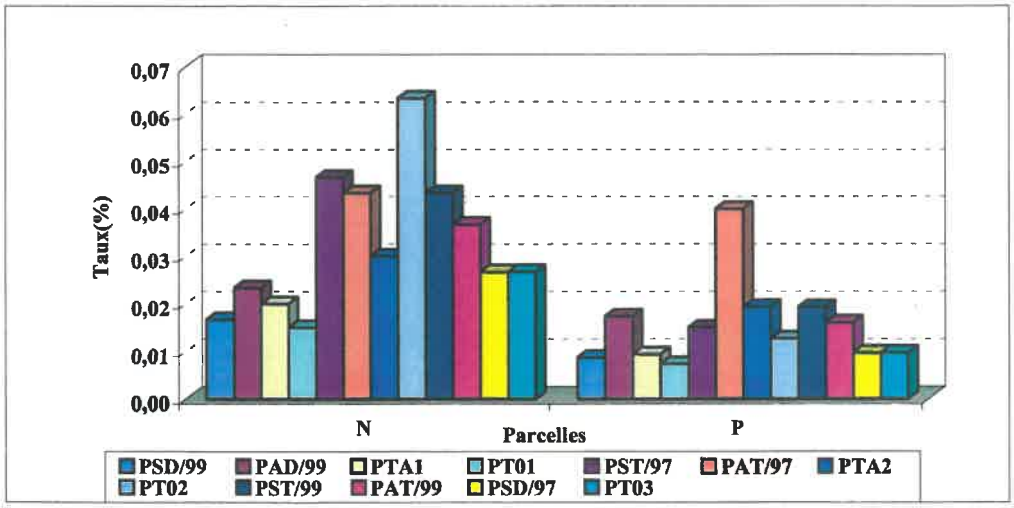


Figure n° 8: Taux de N et de P des parcelles à 0-15 cm de profondeur

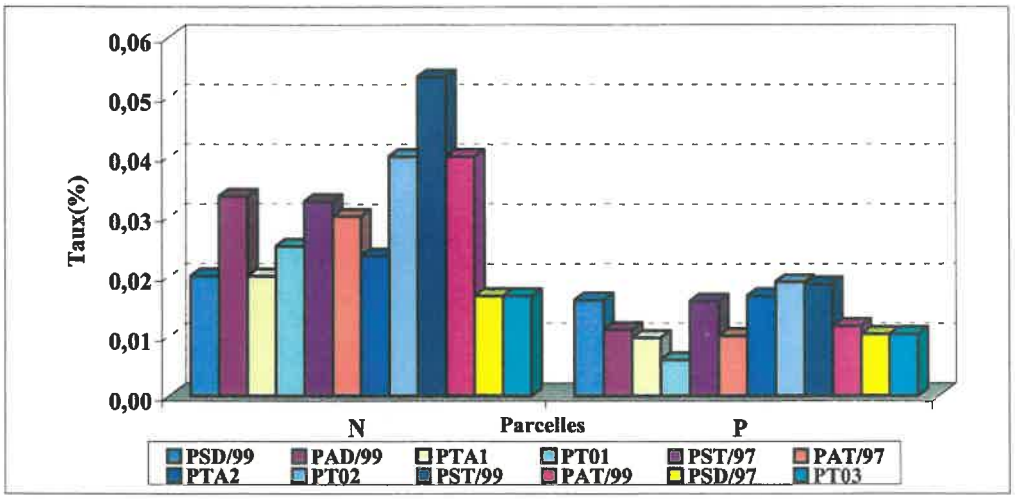


Figure n° 9: Taux de N et de P des parcelles à 15-30 cm de profondeur

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Les figures 8 et 9 montrent que parmi les parcelles travaillées à l'aide de la charrue *Delphino* (PA et PS), seule la PAD/99 a un taux de N égal à 0,03% à 15-30 cm de profondeur. Les parcelles travaillées à l'aide de la *Tréno* ont des taux de N

(compris entre 0,03 et 0,04) inférieurs au témoin dont le taux dépasse 0,06% à 0-15 cm. Par contre, à 15-30 cm de profondeur, c'est la PST/99 qui enregistre le plus fort taux de N (>0,05%).

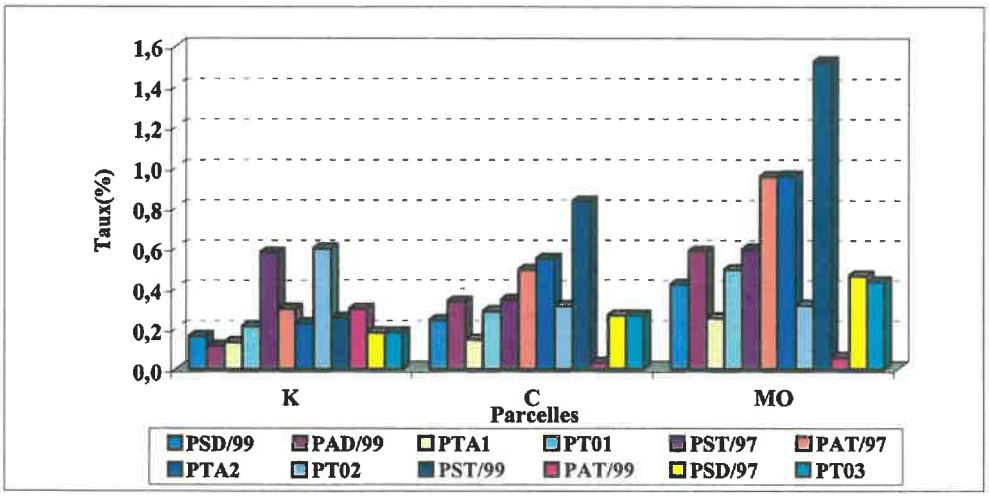


Figure n° 10: Taux de K, C et de M.O des parcelles 0-15 cm de profondeur

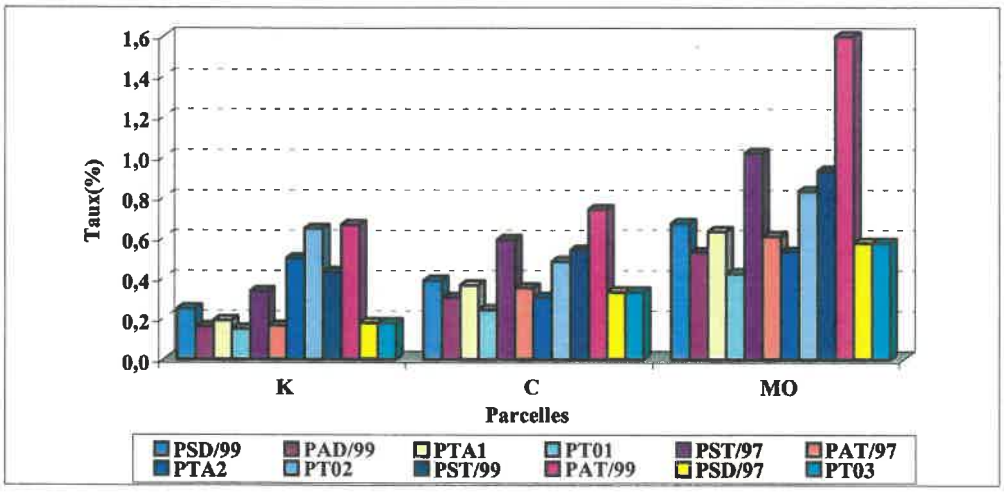


Figure n° 11: Taux de K, C et de M.O des parcelles 15-30 cm de profondeur

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Les figures 10 et 11 montrent qu'au niveau de l'horizon 0-15 cm, la parcelle sylvopastorale travaillée à la *Tréno* en 1997 (PST/97) et le témoin ont le meilleur taux de K (un peu moins de 0,6%). A 15-30 cm de profondeur, c'est la PAT/99 qui a un K égal à 0,6%.

Quant à la M.O, les plus forts taux sont enregistrés par la PSD/99 (0,6% à 15-30 cm) pour les parcelles travaillées à la *Delphino* et les parcelles travaillées à la *Tréno* (entre 1,0 et 1,6% à 0-30 cm).

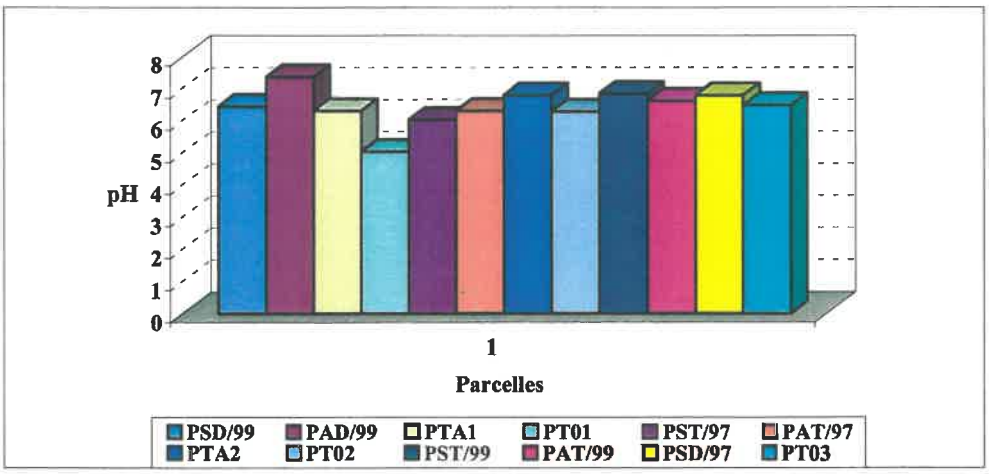


Figure n° 12: pH des parcelles 0-15 cm de profondeur

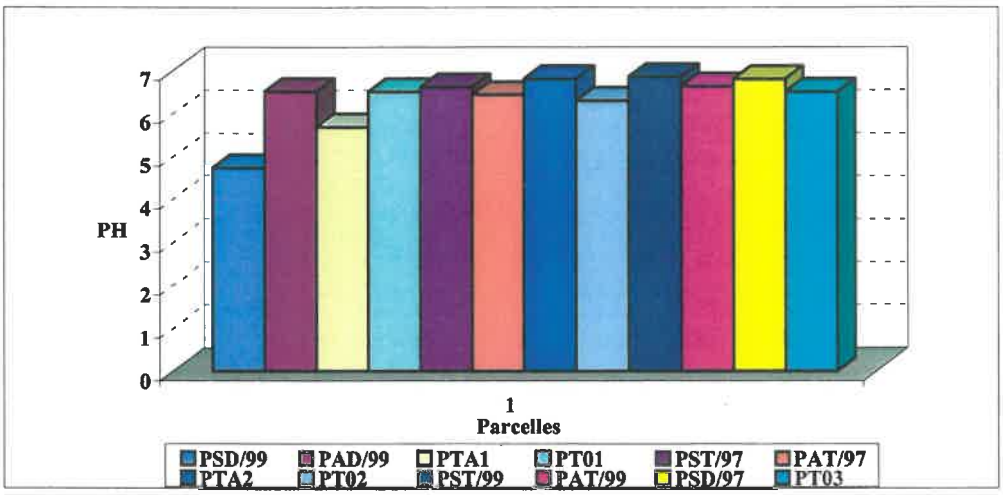


Figure n° *13*: pH des parcelles 15-30 cm de profondeur

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; TA = Témoin agricole ; T0 = Témoin zéro (non travaillé et non cultivé) ; 1 = village de Borghiendé ; 2 = village de Sô ; 3 = village de Gaïkgoata ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Le pH des sols ne change ni en fonction du traitement, ni en fonction de la profondeur (figures 12 et 13). Les valeurs essentielles qui oscillent entre 6 et 7 ne s'écartent pas du pH normal d'un sol agricole. Ce sont des sols faiblement acides à neutres. Le BUNASOLS donnait également pour le site de Sô, un pH compris entre 6,2 et 8,2.

Pour tous les éléments analysés, la parcelle sylvopastorale aménagée à la charrue *Delphino* en 1997(PSD/97), ne présente aucune différence avec le témoin à 0-30 cm de profondeur.

Le potassium des parcelles travaillées varie entre 0,13 et 0,60 % (0-15 cm) et de 0,15 et 0,66 % (15-30 cm). Ce sont des sols relativement pauvres. Le phosphore qui varie entre 0,007 et 0,040 % confirme la pauvreté des sols. L'azote total est également très faible; les taux les plus élevés sont enregistrés entre 0-15 cm sur les parcelles travaillées à la *Tréno,* où l'importance du couvert végétal et de l'humidité favorise certes les processus de minéralisation. Ceci explique également le taux élevé de MO sur les mêmes parcelles.

Le travail à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno,* modifie la structure des sols des parcelles travaillées, bien que leur texture soit presque identique à celle des sols non-travaillés. La rugosité créée par les micro-bassins permet le captage des eaux et l'accroissement de l'humidité. Les PS ont tendance à se recolmater au fil des années lorsqu'elles sont surpâturées et quand la végétation est mal installée. Ceci pourrait expliquer le fait qu'il n'y ait pas de changement chimique sur la PSD/97.

L'évolution sensible du taux des éléments chimiques (N, K et MO) sur les parcelles de Gaïkgoata et sur certaines parcelles agroforestières, pourrait s'expliquer par la bonne humectation et la végétation favorisant les processus biologiques, ou par la mise en culture qui favorise les apports d'éléments minéraux ou organiques.

4.3 Etude de l'impact du travail des charrues sur la dynamique de la végétation

4.3.1 Impact sur la strate herbacée

4.3.1.1. Composition floristique

Quarante sept (47) espèces composées essentiellement de *Poaceae* ont été recensées sur les quatre parcelles sylvopastorales (tableau 5).

Les proportions relatives des espèces rencontrées sur les parcelles témoignent d'une grande richesse floristique par rapport aux sites non travaillés. En effet, comparée aux témoins qui sont presque dépourvus de végétation herbacée, la physionomie des parcelles travaillées (Planches 5 et 7), confirme qu'au Sahel, la non disponibilité de l'eau dans le sol est la contrainte majeure à lever. KABORE (1994) a recensé une vingtaine d'espèces sur un « zipéllé » restauré par la technique du zaï, après deux années de culture.

Ainsi sur la PST/99, la richesse floristique est plus importante avec 34 espèces, soit 72% des espèces. Elle est suivie par la PST/97 de Gaïkgoata, qui compte 27 espèces puis de la PSD/99 avec 25 espèces. La PSD/97 vient en dernière position avec 19 espèces soit 40%.

Nos résultats sont en deçà de ceux auxquels ont abouti d'autres auteurs qui ont travaillé dans la zone sahélienne comme DOULCOM (2000) dans la province du Bam et GROUZIS (1998) qui aboutissent à des ordres de grandeur de 100 espèces. Ceci est justifiable dans la mesure où les autres travaux se sont déroulés dans des formations naturelles plus ou moins stables.

La fréquence de certaines espèces comme *Pennisetum pedicellatum, Panicum laetum, Setaria pallide-fusca, Brachiaria spp* souligne de bonnes conditions climatiques (PENNING DE VRIE, 1978 *in* DOULCOM, 2000). Pour le cas de nos sites, leur présence est la conséquence d'une bonne humidité créée par le travail du sol, qui a favorisé le développement du système racinaire (NICOU *et al.,* 1991). Ceci est d'autant vrai que la pluviométrie enregistrée jusqu'au 14 septembre 2002 à Djibo et à Aribinda donnait respectivement une moyenne de 380 et 300 mm en 25 jours de pluie. La productivité des pâturages varie d'une année à l'autre avec la pluviosité (BOUDET, 1984). Cette remarque est confirmée par les producteurs de Gaïkgoata qui témoignent qu'en année de bonne pluviométrie, sur la PST/99, la hauteur du tapis herbacé dépasserait 50 cm.

Exception faite de *Loudetia togoensis, Schoenefeldia gracilis, Cenchrus biflorus* qui sont des espèces qu'on peut rencontrer dans le voisinage immédiat, les espèces indicatrices de l'amélioration du gradient hydrique, se retrouvent dans toutes les parcelles. Toutefois, leur fréquence est variable selon les facteurs qui prévalent sur chaque site. Ce constat a été fait par les producteurs lors des enquêtes qui affirment que ces espèces avaient disparues des sites il y a déjà deux décennies.

Enfin, on note l'apparition sur toutes les parcelles de *Alysicarpus ovalifolius, Zornia glochidiata.* Ces *Papilionaceae* à cycle court sont très recherchées et leur implantation constitue un enrichissement de la flore de pâturage (BOUDET, 1984).

4.3.1.2. Structure de la strate herbacée

Nous avons ici adopté la structuration définie par ZOUNGRANA (1991, *in* SAWADOGO, 1996). Ainsi, sur les cinq formes biologiques décrites par ce dernier, trois constituent l'essentiel de la flore herbacée des parcelles travaillées. Ce sont :

- les graminées annuelles,
- les graminées vivaces et
- « les autres espèces ».

Cette classification a été adaptée à nos sites et les espèces ont été regroupées dans 3 formes biologiques selon la richesse floristique et la fréquence spécifique des parcelles. On a :

- Les graminées annuelles qui sont les plus dominantes et représentées sur toutes les parcelles. Elles composent une bonne partie de la flore et contribuent fortement au recouvrement du tapis herbacé.

  Les graminées contribuent de façon éminente, dans la ration alimentaire des animaux (MILDER et al., 1982 ; FOURNIER, 1991 ; CARRIERE , 1995 *in* DOULCOM, 2000 et SAWADOGO, 1996).

  Si une telle conclusion a été faite pour des études en savane, elle est autant valable au Sahel et particulièrement au Soum où le fourrage ligneux se raréfie et le coût des SPAI élevé.

  Les graminées annuelles rencontrées sur les parcelles, sont dominées par *Loudetia togoensis, Andropogon pseudapricus, Pennisetum pedicellatum.* Ce sont des espèces peu exigeantes pouvant s'installer sur des sols peu profonds (SAWADOGO, 1996), comme c'est le cas des sites du Soum.

  La forte contribution des graminées annuelles dans toutes les parcelles est une tendance enregistrée dans la plupart des inventaires (SAWADOGO, 1996 ; TAITA, 1997 ; DOULCOM, 2000).

- ⇨ Les graminées vivaces ont la faculté de rester vertes pendant une bonne période de la saison sèche. SAWADOGO (1996) estime que la valeur d'un pâturage est jugée en fonction de l'importance des graminées vivaces. Pour le cas des sites de récupération leur contribution au disponible fourrager n'est pas prépondérante comme en savane ou en zone nord-soudannienne, où le feu est utilisé pour susciter les repousses des graminées vivaces.

  La graminée vivace la plus abondante dans la PST/99 et la PST/97 est *Leptadenia hastata* (CSi = 2,9 sur la PST/97 et 5,9 sur la PST/99). Sa présence constitue un tapis protégeant le sol contre l'ensoleillement et un écran autour duquel les semences herbacées emportées par le vent sont déposées. Cette espèce pourrait jouer un rôle important dans la réhabilitation de la parcelle.

- ⇨ Les « autres espèces » qualifiées de phobes par HOFFMAN (1995 *in* SAWADOGO, 1996 ; TAITA, 1997) regroupent plusieurs familles. Ce sont des espèces non graminéennes.

  Les « autres espèces » regroupent en fait, toutes les autres plantes herbacées à feuilles larges (MERLIER & MONTEGUT, 1982 *in* DOULCOM, 2000).
  Les espèces de cette catégorie rencontrées sur les parcelles sont en faible nombre et se composent de *Sida alba, (Malvaceae)* de *Cyperus iria (Cypereae),* de *Borreria stachydea (Rubiaceae).*

Si certains auteurs pensent que la présence de phobes sur un pâturage donné est un signal de dégradation, au Soum l'apparition de ces espèces donne de l'espoir chez les producteurs quant à la restauration des sols.

4.3.1.1 Recouvrement du tapis herbacé

Le tableau 5 donne les résultats de l'analyse linéaire de la végétation. Les espèces notées "X" sont celles recensées en extension. C'est pour cette raison qu'elles n'ont pas de valeur fréquentielle mais participent à la composition de la liste floristique.

Tableau 5: Composition floristique, fréquence spécifique (FSi) et contribution spécifique(CSi) des espèces herbacées par parcelle sylvopastorale

N° d'ordre	Espèces	PSD/99		PSD/97		PST/97		PST/99	
		FSi	CSi (%)	FSi	CSi (%)	FSi	CSi (%)	FSi	CSi (%)
1	*Alysicarpus ovalifolius (S&Th) J. Leo*	3	0,5	3	1,0	8	3,3	32	4,5
2	*Amaranthus viridis L.*	X							
3	*Andropogon pseudapricus Stapf*	4	0,7			3	1,2	27	3,8
4	*Aristida adscensionis L.*	58	10,0	3	1,0	7	2,9	111	15,5
5	*Aristida hordeacea kunth*	X						X	
6	*Boerrhavia erecta L.*			3	1,0				
7	*Borreria filifolia (S. &Th) k Schum*					X			
8	*Borreria stachydea (de Cand) Hutch*			34	11,9	10	4,1	11	1,5
9	*Brachiaria deflexa (Sch.) Hubb.*							1	0,1
10	*Brachiaria lata (Sch.) C.E Hubb.*	11	1,9	5	1,5	3	1,2	17	2,4
11	*Cassia nigricans Vahl*							X	
12	*Casssia tora L.*	12	2,1	3	1,0	8	3,3	2	0,3
13	*Cenchrus biflorus Kunth*	16	2,8	1	0,3	1	0,4	6	0,8
14	*Ceratotheca sesamoïdes Endl.*							X	
15	*Chloris leprieurii Kunth*							6	0,8
16	*Colocynthis citrullus (L.). O. Ktze*					1	0,4	X	
17	*Corchorus tridens L.*	X				X			
18	*Cucumis melo L. Var. Agrestis Naud*	X		X		X		X	
19	*Cucumis metuliferus E Mey ex Naud*					X			
20	*Cyperus iria L.*					X			
21	*Dactyloctenium aegyptium (L.) P.B.*	45	7,8	16	5,9			1	0,1
22	*Digitaria horizontalis Willd*			7	2,4	1	0,4	17	2,4
23	*Eragrostis ciliaris (L.) R.B.*	27	4,7	4	1,4				
24	*Eragrostis tremula (L.) Hoch Ex. Stew*	11	1,9	4	1,4	12	4,9		
25	*Indigofera senegalensis Lam.*					X			
26	*Indigofera tinctoria L.*					X		X	
27	*Ipomea coscinosperma Hoch. Ex Sch.*	X				X		2	0,3
28	*Ipomea eriocarpa R.B.*					1	0,4	3	0,4

N° d'ordre	Espèces	PSD/99		PSD/97		PST/97		PST/99	
		FS_i	CS_i (%)	FS_i	CS_i (%)	FS_i	CS_i (%)	FS_i	CS_i (%)
29	*Leptadenia hastata (Pers) Decne*	2	0,3			7	2,9	42	5,9
30	*Leptadenia pyrotechnica (Forsk) Decne*			X					
31	*Loudetia togoensis (Pilger) Hubb*	1	0,2	35	12,2			88	12,3
32	*Monechma ciliatum (Jacq.) Mila. Red.*					X			
33	*Mollugo nudicaulis Lam.*	X				X			
34	*Pandioka heudelotii (Moq.) Hook*							18	2,5
35	*Panicum laetum Kunth*	96	16,0	21	7,3	58	23,9	100	14,0
36	*Pennisetum pedicellatum Trinius*	25	4,3			27	11,1	69	9,7
37	*Phyllanthus amarus Sch. &Th*							X	
38	*Polygala erioptera DC*	12	2,1	3	1,0			3	0,4
39	*Rhynchosia minima (L.) DC. Var minima*							X	
40	*Schoenefeldia gracilis Kunth*	195	33,6	112	39,2	68	28	128	17,9
41	*Setaria pallide-fusca (Sch.) Stapf*	X				18	7,4	24	3,4
42	*Sida alba L.*							X	
43	*Sporobolus festivus Hochst.*	X							
44	*Tephrosia uniflora Pers.*							X	
45	*Tribulus terrestris L.*	X						X	
46	*Waltheria indica L.*							X	
47	*Zornia glochidiata R. ex. de Cand.*	6	1,0	30	10,5	10	4,1	7	1,0
	TOTAL	580	100	286	100	243	100	715	100
	Nombre d'espèces	25	-	19	-	27		34	

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

L'analyse des contributions spécifiques permet de déterminer les « espèces productrices » de chaque parcelle. On appelle « espèces productrices » celles dont la contribution spécifique est supérieure à 5% (SAWADOGO, 1996). Sont considérées comme telles, les espèces qui participent de manière significative à la contribution de la biomasse herbacée (TAITA, 1997).

Le tableau 6 donne la liste des espèces productrices et leur contribution spécifique.

Tableau 6: Espèces productrices et leur contribution spécifique par parcelle

Parcelles	Espèces	CS_i (%)
Parcelle Sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Delphino* en 1999 (PSD/99)	*Aristida adcensionis*	10
	Dactyloctenium aegyptium	7,8
	Panicum laetum	16
	Schoenefeldia gracilis	33,6
Parcelle Sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Delphino* en 1997 (PSD/97)	*Panicum laetum*	11,9
	Borreria stachydea	5,9
	Dactyloctenium aegyptium	12,2
	Loudetia togoensis	7,3
	Schoenefledia gracilis	39,2
	Zornia glochydiata	10,5
Parcelle Sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Tréno* en 1997 (PST/97)	*Panicum laetum*	23,9
	Pennisetum pedicellatum	11,1
	Schoenefeldia gracicilis	28
	Setaria pallide-fusca	7,4
Parcelle Sylvopastorale travaillée à l'aide de la charrue *Tréno* en 1999 (PST/99)	*Aristida adcensionis*	15,5
	Leptadenia hastata	5,9
	Loudetia togoensis	12,3
	Panicum laetum	14
	Pennisetum pedicellatum	9,7
	Schoenefeldia gracilis	17,9

L'analyse du tableau 6 montre 4 à 6 espèces productrices par parcelle. Ceci confirme la grande diversité floristique des sites qui sont par conséquent d'un intérêt fourrager certain. Celles-ci participent au recouvrement de façon significative et à la phytomasse de la strate herbacée.

Ces espèces sont :

- *Panicum laetum*, présente sur toutes les parcelles avec 23,9% en PST/97 à 14% sur la PSD/97.
- *Schoenefeldia gracilis* également omniprésente fournit les contributions les plus élevées avec 39,2% au niveau de la PSD/97, 33,6 % sur la PSD/99, 28% sur la PST/97 et 17,9% sur la PST/99.
- *Aristida adcensionis* se manifeste sur la PST/99 (15,5%) et sur la PSD/97 (10%).

- Enfin les autres contributions viennent de *Pennisetum pedicellatum* sur la PST/99 et PST/97 avec respectivement 9,7 et 11,9% ; *Dactyloctenium aegyptium* contribue au recouvrement avec 7,8% en PSD/99 et 12,2% en PSD/97.

Si toutes ces espèces ont été régénérées à la faveur de l'humidité engendrée par le travail des charrues, il n'en demeure pas moins qu'elles s'accommodent à des types de sol donnés. A ce propos, BOUDET (1984), remarque que les graminées annuelles de type sahélien deviennent abondantes sur les pénéplaines et dépressions limoneuses à argileuses : Cas de *Aristida adcensionis, Panicum laetum et Schoenefeldia gracilis*. Ce constat de BOUDET est vérifié sur les parcelles sylvopastorales où les sols de 0 à 30 cm de profondeur sont limono-sableux à limono–argilo-sableux. Outre cela, *Panicum laetum, Alisycarpus ovalifolius, Zornia glochidiata, Borreria stachydea* sont les principales espèces colonisatrices des micro-bassins (très humides). *Aristida adcensionis, Schoenelfeldia gracilis* colonisent les interlignes (humidité moyenne). La fréquence et contribution spécifiques des espèces d'un même type de sol dépendent du gradient d'humidité.

Ainsi, la nature de l'ouvrage et en conséquence la capacité de stockage d'eau des micro-bassins, sont de toute évidence les facteurs clés de régénération et de répartition des espèces herbacées, comme l'illustre la Planche 5.

Planche n° 5: Illustration de l'impact du travail du sol sur la régénération herbacée : cas de la parcelle sylvopastorale de Gaïkgoata travaillée à l'aide de la charrue *Tréno* en 1999.

4.3.1.4 Biomasse et capacité de charge

a) La Biomasse

La biomasse herbacée est le résultat de la photosynthèse qui se déroule lors du cycle phénologique des espèces (TAÏTA, 1997). Elle est exprimée en KG de Matière Sèche à l'hectare (KGMS/ha) (SAWADOGO, 1996).

Les résultats de l'évaluation de la biomasse sont donnés dans le tableau 7.

Tableau 7: Biomasse en KGMS/ha du tapis herbacé par type de parcelle

Désignation	PSD/99	PST/97	PST/99	PSD/97
Poids frais (g) de l'échantillon composite	1250,94	2790,30	2861,66	2241,30
Poids sec (g) de l'échantillon composite	502,38	837,09	858,49	627,56
% MS	40	30	30	28
Poids frais (g) biomasse totale récoltée	6630,57	9032,93	10621,03	4433,49
Biomasse (KG/MS/ha)	1768,15	1806,58	2124,20	827,58

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

La biomasse produite par parcelle varie de 827,58 KGMS/ha à 2124,20 KGMS/ha (tableau 7). Au Sahel burkinabè (GROUZIS, 1984 *in* DOULCOUM, 2000) les valeurs moyennes vont de 600 à 2500 KGMS/ha selon les types de pâturage. BOUDET (1984) donne les mêmes tendances pour le pâturage en bordure sahélo-soudanienne, avec une production moyenne de 1200 KGMS/ha. Nos résultats sont compris dans cette même fourchette.

En réalité, une seule mesure de la biomasse ne permet pas de tirer une conclusion sans équivoque. En effet, les productions obtenues correspondent à des pluviométries moyennes de 300 mm à Gaïkgoata et 380 mm à Djibo en 25 jours de pluie. Néanmoins la production fourragère de ces parcelles est très intéressante quand on se réfère à l'état initial des sols qui était nu.

Les biomasses produites sur des sols travaillés en 1997 et 1999 à la charrue *Delphino* sont inférieures à celles obtenues sur des sols travaillés à la charrue *Tréno*. Les hypothèses plausibles que nous avions émises se confirment. Les sillons sont encore actifs alors que les demi-lunes sont en régression plus avancée. Ainsi le gradient d'humidité est plus élevé sur les sols travaillés à la *Tréno* que les autres. En effet l'humidité pondérale moyenne à 10 cm en Juin après 10 mm de pluie était

de 6% sur la PSD/97 contre 12% sur PST/97 pour la même période et une même hauteur d'eau reçue. En août, la PSD/97 a donné à 10 cm de profondeur, 15% d'humidité avec 19 mm de pluie et la PST/97, 18% pour 8 mm. De toute évidence le nombre de répétitions est insuffisant mais ces résultats donnent déjà une tendance des capacités hydriques des micro-bassins.

La biomasse produite sur les parcelles travaillées en 1999 (*Tréno* ou *Delphino*) est plus importante que celles qui ont été travaillées en 1997. En ce qui concerne la PSD/97, les ouvrages subissent d'une part l'action des agents érosifs et d'autre part l'influence des animaux en pâture.

Ainsi le phénomène de « sealing* » du Sahel type décrit par BOUDET (1984) semble expliquer cette régression. Ce constat nous permet d'affirmer que la nécessité de protéger et de fixer les ouvrages par végétalisation, ne doit pas être occultée par l'aménagiste au risque de créer d'autres phénomènes plus graves.

Quant à la PST/97, l'infériorité de sa biomasse par rapport à la PST/99 s'explique par la reprise très rapide des semis, qui a donné naissance à une formation ligneuse dense avec un recouvrement des houppiers de 73% . Le tapis herbacé est ainsi en régression sous l'effet de la concurrence pour la lumière.

a) La capacité de charge

La capacité de charge (CC) des parcelles se présente comme suit dans le tableau 8.

Tableau 8: Capacité de charge des parcelles

Désignation	PSD/99	PSD/97	PST/97	PST/99
Production (KG MS/ha)	1768,15	827,58	1806,58	2124,20
Nombre de jours d'utilisation	212	365	365	212
Capacité de charge en UBT/ha/an	0,44	0,12	0,26	0,53
Superficie (ha)	10,22	10,82	21,25	17,96
Capacité de charge en nombres jours pâture UBT /ha	94	44	96	113

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

*** Le piétinement exagéré peut favoriser une mobilisation de la partie superficielle du sol provoque un glaçage asphyxiant, le sealing qui entraîne la dénudation du terrain.... BOUDET, (1984)**

Les CC des parcelles se rapprochent de celles obtenues par DOULCOUM (2000) dans le village Tanllili par type de pâturage. La CC étant dépendant de la biomasse produite, les variations constatées ont les mêmes causes que celles déjà décrites. Les valeurs des CC permettent de dire que la récupération des terres à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno* pourrait jouer un rôle prépondérant dans l'amélioration quantitative des pâturages du Soum.

4.3.2 Impact sur la strate ligneuse

4.3.2.1 Composition floristique

La liste floristique obtenue à l'issue de l'inventaire comprend 12 espèces dominées à 33% par le genre *Acacia*. La liste floristique et la densité des pieds/ha sont consignées dans l'annexe X. Le tableau 9 donne les effectifs des espèces rencontrées et les espèces dominantes par traitement / parcelle.

Tableau 9: Composition floristique des ligneux et espèces dominantes(%) par type de parcelle

Parcelles	Nombre d'espèces	Espèces dominantes	Taux (%)	Technique de reforestation
PSD/99	7	*Acacia nilotica*	14	Plantation et Régénération Naturelle (RN)
		Acacia raddiana	70	
PAD/99	5	*Acacia raddiana*	48	Plantation et RN
		Acacia seyal	34	
		Prosopis juliflora	15	
PSD/97	8	*Acacia raddiana*	23	Semis direct et RN
		Acacia seyal	39	
		Bauhinia rufescens	18	
PST/97	6	*Acacia raddiana*	27	Semis direct et RN
		Acacia senegal	40	
		Ziziphus mauritiana	22	
PAT/97	8	*Acacia raddiana*	27	Semis direct et RN
		Acacia senegal	17	
		Piliostigma reticulatum	17	
		Ziziphus mauritiana	27	
PST/99	5	*Acacia raddiana*	55	Plantation
		Bauhinia rufescens	18	
		Ziziphus mauritiana	12	

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

On remarque que la diversité floristique par parcelle varie de 5 à 8 espèces (tableau9). Ceci n'est pas toujours le cas des formations artificielles qui sont en général monospécifiques. Etant dans le cas de boisements artificiels (obtenus par semis directs et plantations), le choix et l'utilisation des espèces sur les parcelles découlaient d'une option politico-technique. En effet, l'approche participative de la récupération recommandait l'utilisation d'espèces adaptées aux conditions éco-climatiques et la volonté politique affichée à l'époque préconisait la plantation de *Acacia senegal* comme espèce utilitaire au Sahel. Dans l'un ou l'autre cas, l'objectif était d'améliorer les taux de survie des plantations, afin de susciter une participation consciente des populations à leur réalisation.

Acacia raddiana est l'espèce rencontrée dans toutes les parcelles à des taux allant de 23 à 70 %. Il faut remarquer la présence de *Piliostigma reticulatum* sur la PAT/97 de Gaïkgoata (17% des pieds), alors que l'espèce n'a pas été utilisée pendant les semis ou les plantations. Cette présence fait suite à la pratique du zaï par les producteurs au cours des deux premières années qui ont suivi le travail du sol. Toutefois, l'apparition d'espèces ligneuses spontanées est due à l'amélioration des conditions hydriques créées par le travail du sol et propices à la germination des semences.

4.3.2.2 Densité (N/HA) des formations ligneuses et état de la RN

La densité totale des ligneux va de 182 pieds/ha à 762 pieds/ha respectivement sur la PST/99 et la PST/97 de Gaïkgota (Fig. 14). La densité moyenne des plants sur les parcelles agroforestières (647 pieds/ha) est supérieure à celle des parcelles sylvopastorales (456 pieds/ha).

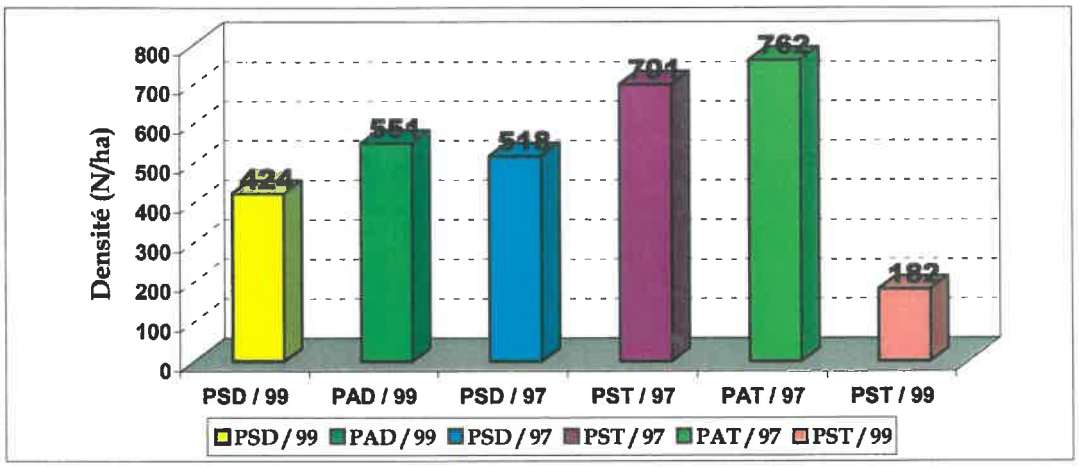


Figure n° 14 : Fréquence (N/HA) des espèces ligneuses par parcelle

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

L'impact du travail du sol sur la dynamique de la végétation ligneuse est remarquable à travers les densités des plants obtenus par parcelle, par technique de reforestation utilisée et par la régénération naturelle.

a) La régénération naturelle (RN)

Les individus provenant de la RN se reconnaissent par leur apparition spontanée, leur distribution « au hasard » sur les parcelles, leur taille inférieure à 1 m et le diamètre du tronc à 30 cm du sol inférieur à 2 cm.
Cinq espèces ont été recensées ; il s'agit de *Acacia raddiana*, de *Acacia senegal*, de *Acacia seyal*, de *Piliostigma reticulatum* et de *Ziziphus mauritiana*. La densité totale des individus de chaque parcelle, ainsi que leur pourcentage par rapport à la densité totale des pieds sont mentionnés dans le tableau 10.

Tableau 10: Densité des pieds régénérés par parcelle

Espèces	PSD/99	PAD/99	PSD/97	PST/97	PAT/97	PST/99
Total	137	183	13	243	270	54
% /densité totale	32	33	2	35	35	30

La densité des pieds de chaque espèce est illustrée par la figure 8.

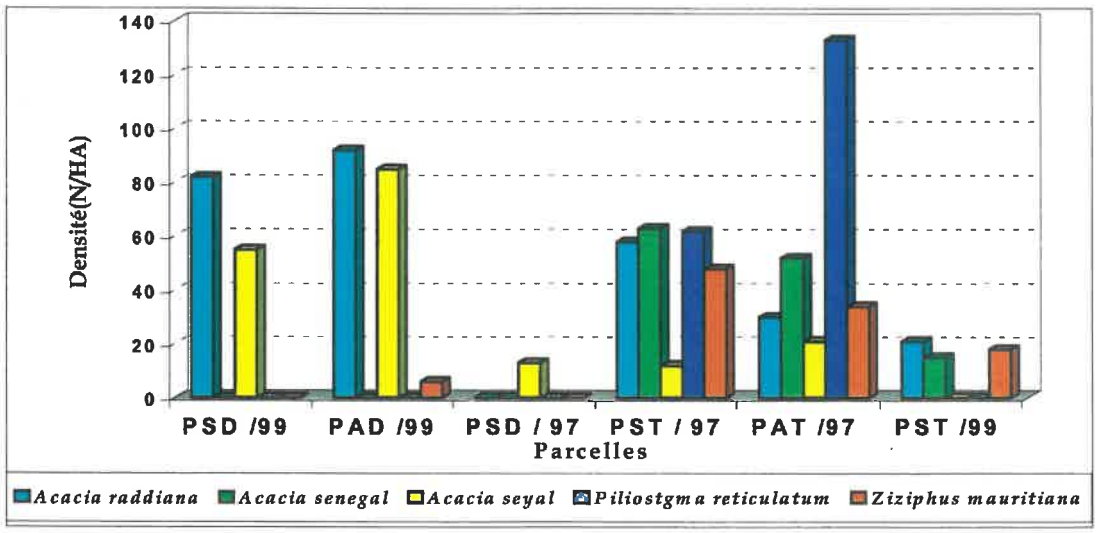


Figure 15 : Densité (N/HA) des pieds de chaque espèce par parcelle

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Les espèces de la figure 15, poussent facilement dans des conditions d'humidité minimales. Par exemple *Acacia raddiana* ne tolère pas les inondations (MAYDELL, 1990).

On constate une disparité de la RN d'une parcelle à l'autre. *Acacia seyal* et *Acacia raddiana* sont les espèces rencontrées dans presque toutes les parcelles. Sur les parcelles travaillées en 1997 à la *Tréno*, toutes les espèces y sont présentes. *Piliostigma reticulatum* est rencontré uniquement à Gaïkgoata (133 pieds/ha sur la PAT/97 et 62 pieds/ha sur la PST/97). Les densités de la régénération sont plus élevées sur les parcelles travaillées à l'aide de la *Tréno* que celles obtenues sur les parcelles travaillées à l'aide de la *Delphino*. Les taux de régénération des parcelles de 1997 sont également supérieurs à ceux des parcelles de 1999.

La régénération totale est dans l'ensemble satisfaisante sauf sur la PSD/97. Les pieds régénérés participent pour 30 à 35% à la densité totale. Dans la PSD/97, le taux de régénération est faible (2%).

La régénération est favorisée par l'amélioration des conditions pédoclimatiques des sols grâce au travail des charrues.

La PSD/97 a le plus faible taux de plants régénérés. Ceci s'explique par le fait que cette parcelle étant pâturée en toute saison, les pieds régénérés sont broutés avant qu'ils ne puissent atteindre un niveau de croissance favorable à leur survie. Par ailleurs, la présence de toutes les espèces en PST-PAT/97, est due à une dissémination des semences par les sujets mères déjà productifs. La régénération endémique de *Piliostigma reticulatum*, conforte l'idée d'associer la technique du zaï au travail des charrues pour accélérer la restauration des sols.

Les facteurs qui influencent remarquablement la RN sont l'âge du travail du sol et l'aménagement appliqué notamment l'agroforesterie. Cependant, l'âge peut jouer deux rôles assez contradictoires. La végétation peut bien s'installer, renforcer, les ouvrages et assurer la dissémination semences *in situ* comme c'est le cas des PST/97 et PAT/97 de Gaïkgoata. Les ouvrages peuvent au contraire se colmater (parfois avec le piétinement des animaux) avec le temps, l'infiltration alors se réduit et limite les chances de la régénération ligneuse. Ce pourrait être le cas de PSD/97 de Sô.

En rapport avec la nature des ouvrages, comme nous l'avons déjà évoqué, il est à noter que l'action anti-érosive et hydrodynamique des sillons est plus significative.

Les parcelles agroforestières dont l'humidité est permanente sont plus favorables à la reprise de la végétation spontanée. Le même constat a été fait par MANDO *et al.* (2000) dans le cas des diguettes isohypses.

b) Densité et recouvrement des formations ligneuses

Les semis ont été effectués dans les micro-bassins à raison d'un poquet par cloison pour les sillons (Gaïkgoata, 440 poquets/ha) et de 2 à 3 poquets par demi-lune (Sô, 1125 poquets/ha). Quant aux plantations, elles ont été réalisées à raison d'un plant par demi-lune ou par sillon cloisonné. L'exception est faite de la PST/99 où pour une question d'insuffisance de plants, une ligne sur deux a été reboisée.

La population végétale inventoriée se retrouve dans une seule strate : la strate arbustive (H<5m) selon la classification du MET (1996). Nous avons à l'intérieur de cette strate défini deux classes de hauteur (1< H < 2 m ; 2 < H ≤ 5 m) et calculé leur recouvrement comme l'indique le tableau 11.

Tableau 11: Densité (N/Ha) et recouvrement (R%) des formations ligneuses par parcelle

Strate	Hauteur	Paramètres	PSD/99	PAD/99	PSD/97	PST/97	PAT/97	PST/99
Arbustive	1 <H< 2 m	densité	278	304	571	166	443	112
		%	97	82	96	40	78	88
		R%	6	10	12	29	38	2,5
	2 <H≤ 5 m	densité	9	64	21	252	129	16
		%	3	18	4	60	22	12
		R%	1	2	1	44	12	0,5
Recouvrement total			7	12	13	73	50	3
Densité totale			287	368	592	418	572	128
Technique de reforestation			plantation	plantation	semis	semis	semis	plantation

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

L'analyse de ce tableau 11 fait ressortir quelques observations majeures :

- Les individus de hauteur comprise entre 1 et 2 m constituent 78 à 97% du nombre total des individus des parcelles à l'exception de la PST/97 où c'est plutôt la deuxième classe qui constitue 60% de sa population;

- Les individus de 1 < H < 2m constituent l'essentiel du recouvrement des parcelles ;
- La PST/97 et la PAT/97 donnent des recouvrements satisfaisants après 5 ans d'aménagement ;
- Le recouvrement des parcelles agroforestières est supérieur aux parcelles sylvopastorales même si la PST/97 fait une exception.

Dans les conditions habituelles de reboisement, ces taux sont difficiles à réaliser au Sahel sur des espaces non protégés comme c'est le cas de nos sites. Pour ce qui concerne les semis, les résultats enregistrés sont exceptionnels. Ils se développent bien après le travail du sol à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno*. Leur survie dépend plutôt des mesures de protection à mettre en place par le plan d'aménagement.

L'abondance numérique des individus de 1 < H < 2m se justifie par la jeunesse des parcelles. Les plants sont en pleine croissance. Sur la PST/97 et la PAT/97, les recouvrements obtenus (73 et 50%) s'expliquent par le semis direct qui donné 2 à 3 pieds par poquet (il n'y a pas eu de démariage). Ainsi, sur ces parcelles, le phénomène de la compétition est perceptible et la nécessité de sélectionner les sujets les moins vigoureux s'impose. En effet, la compétition pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs est un facteur déterminant pour la croissance des plantes.

Le niveau de croissance atteint par les pieds sur la PST/97 et la PAT/97 pourrait s'expliquer par la nature du sol. En effet, la texture limono-argilo-sableuse du sol à 30 cm de profondeur et la reprise rapide de la végétation ligneuse ont renforcé la fonction anti-érosive des sillons.

D'une manière générale, nous avons constaté dans ces parcelles que les sillons sont encore très actifs avec une profondeur moyenne de 9 cm (PST/97) de 10cm (PST/99).

La supériorité du recouvrement des parcelles agroforestières s'explique par l'accroissement du taux d'humidité qui induit un développement des houppiers et une meilleure croissance en hauteur par rapport aux parcelles sylvopastorales.

Cette explication est confirmée par les résultats de la PSD/97 de Sô. Malgré une densité de 592 plants/ha, on y retrouve un recouvrement total de 13%. Sur cette parcelle, on constate une régression avancée des demi-lunes (profondeur moyenne = 2 cm) et un recolmatage du sol; ceci se répercute sur la capacité de rétention en eau.

En outre, les parcelles sylvopastorales du fait qu'elles soient pâturées toute l'année, les plants sont régulièrement broutés et leur croissance en est affectée : C'est le cas de Sô Les micro-bassins permettent la reprise des semis et/ou des plantations. La pratique de l'agroforesterie améliore l'infiltration de l'eau et assure la protection des plants (tout au moins pendant l'hivernage).

4.3.2.3 Structure et stratification des formations ligneuses

L'analyse de la structure et de la stratification des formations ligneuses, a concerné 4 espèces, qui composent entre 68 et 99% des pieds des différentes parcelles. Il s'agit de *Acacia senegal*, de *Acacia raddiana*, de *Acacia seyal* et de *Ziziphus mauritiana*. La fréquence des individus de ces espèces par classe de diamètre et de hauteur et leur densité par parcelle sont présentées en annexe XI et XII. Les figures 15, 16, 17 et 18 illustrent la structure des pieds

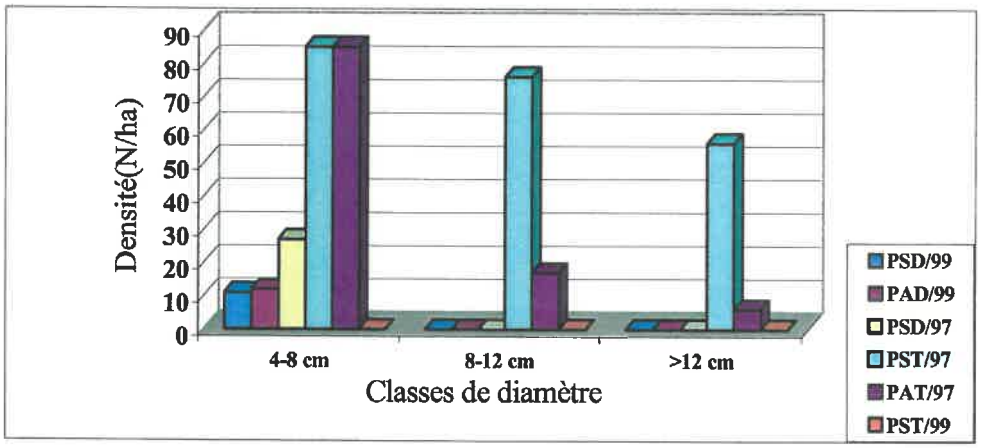


Figure n° 15: Densité des pieds de *Acacia senegal* par classe de diamètre

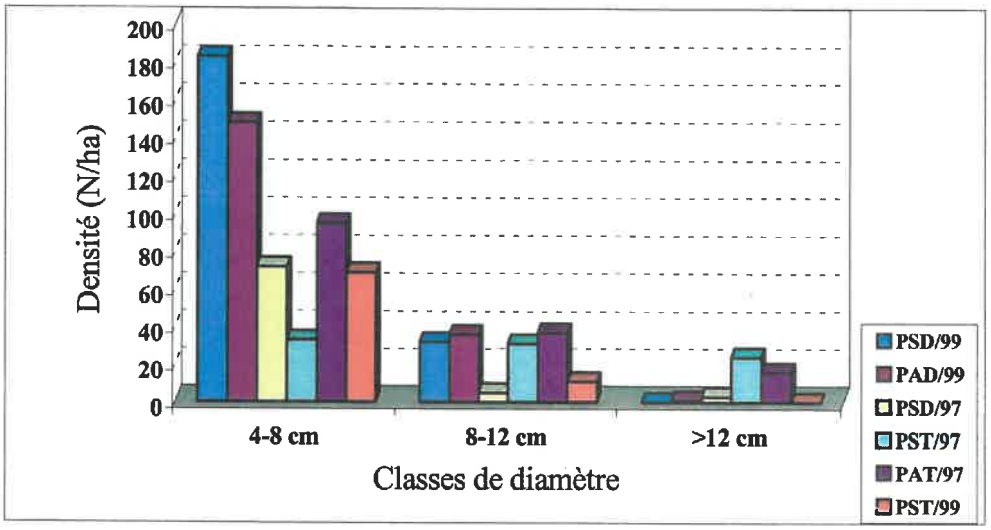


Figure n° 16: Densité des pieds de *Acacia raddiana* par classe de diamètre

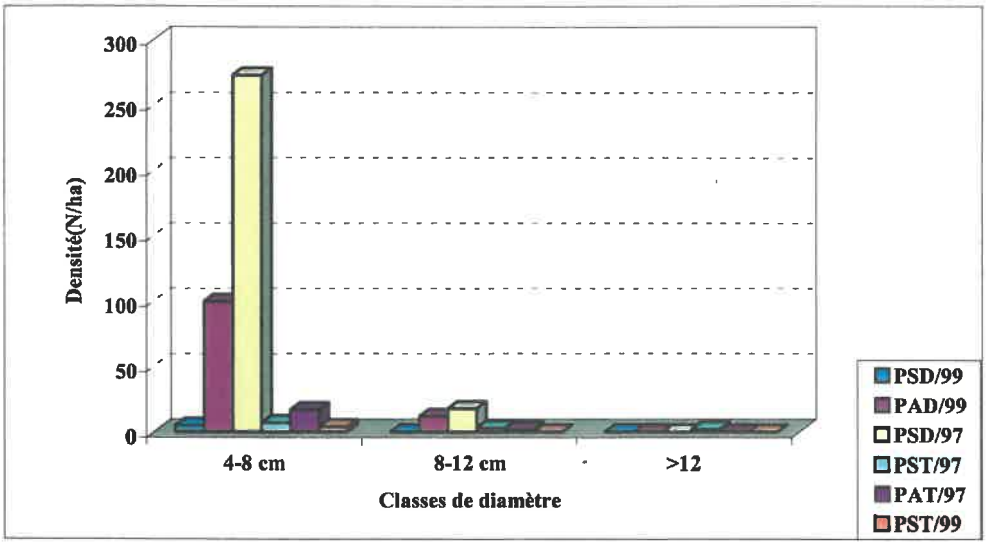


Figure n° 17 : Densité des pieds de *Acacia seyal* par classe de diamètre

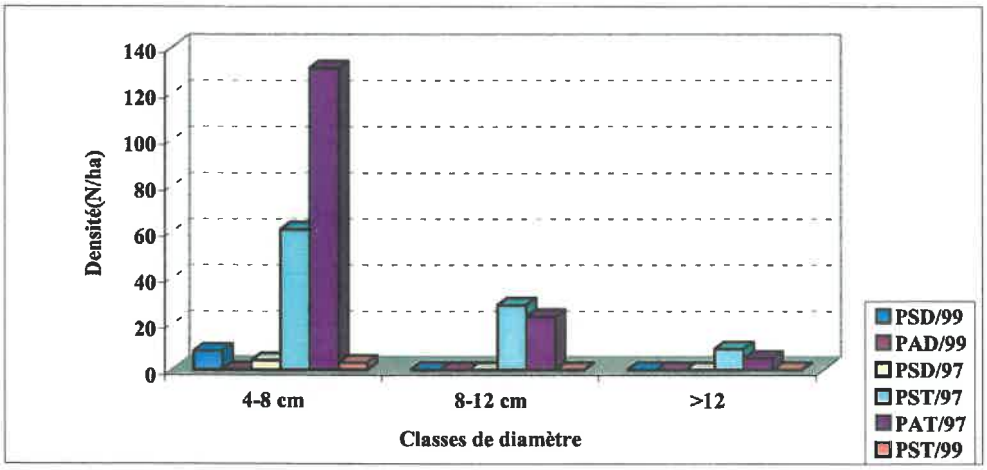


Figure n° 18: Densité des pieds de *Ziziphus mauritiana* par classe de diamètre

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

Ces figures montrent l'allure générale de la population de chacune des espèces. Leur examen révèle que la population ligneuse est en pleine évolution. Ceci explique l'évolution de tous les histogrammes en dents de scie.

La majorité des individus se regroupent dans la classe de 4-8 m, quelle que soit la parcelle ; ce qui confirme la jeunesse des peuplements. On constate qu'à l'exception de *Acacia seyal*, les autres espèces sont bien représentées dans les classes de gros diamètres dans les PST-PAT/97 de Gaïkgoata. Ceci montre que ces parcelles évoluent normalement et avec une faible influence anthropozoogène,

contrairement à la PSD/97 de Sô. Les PST-PAT/97 pourraient être exploitables dans les dix années à venir.

Cette structuration a encore tendance à confirmer le rôle majeur des sillons sur la croissance de végétation.

Les figures 19, 20, 21 et 22 présentent la stratification des pieds.

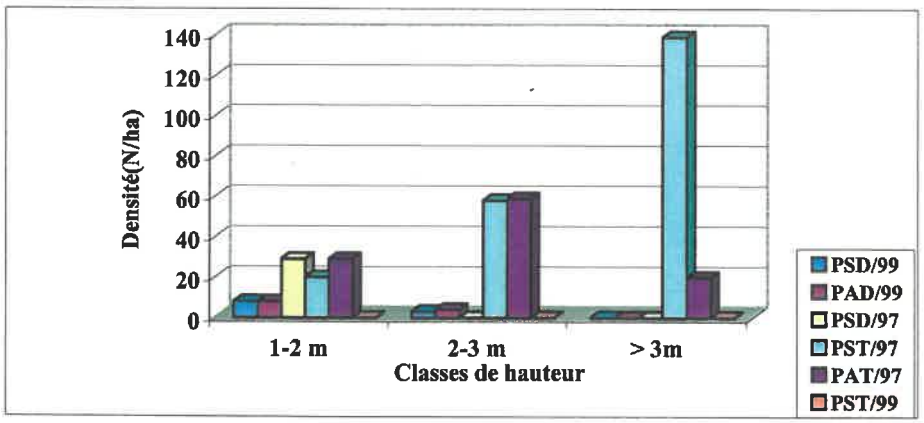


Figure n° 19: Densité des pieds de *Acacia senegal* par classe de hauteur

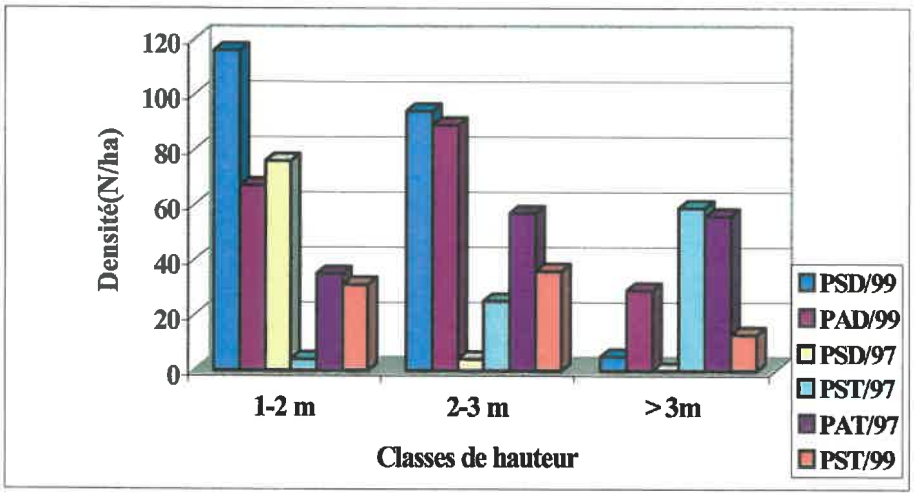


Figure n° 20 : Densité des pieds de *Acacia raddiana* par classe de hauteur

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

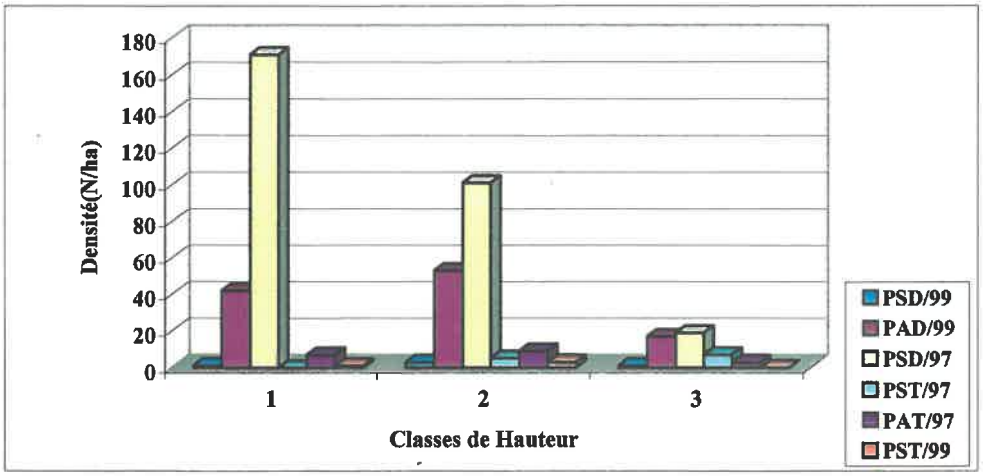


Figure n° 21 : Densité des pieds de *Acacia seyal* par classe de Hauteur

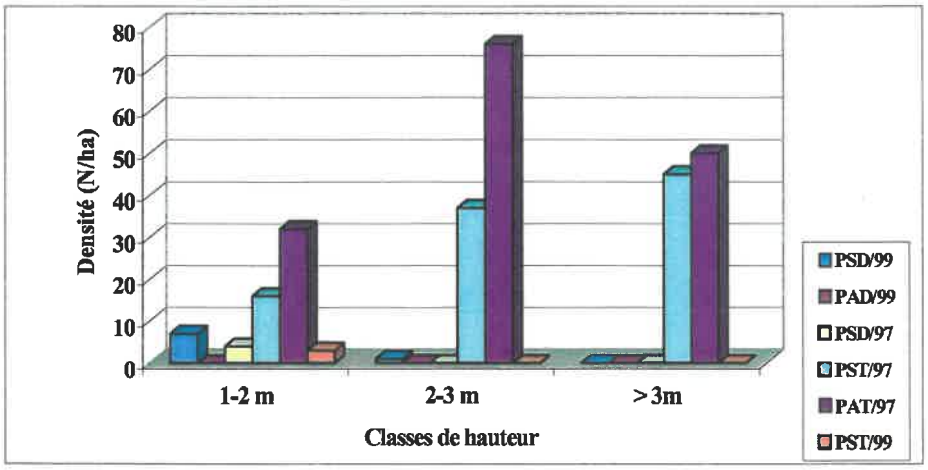


Figure n° 22 : Densité des pieds de *Ziziphus mauritiana* par classe de hauteur

P = Parcelle ; S = Sylvopastorale ; A = Agroforestière ; D = *Delphino* ; T = *Tréno* ; 99 et 97 = années de travail du sol.

L'évolution des individus en hauteur présentée par toutes les figures, suit la même logique que la structuration. Une bonne partie de la population ligneuse est regroupée dans la classe 1-2m. *Acacia raddiana* en fonction de l'âge d'implantation est réparti plus « homogènement » dans les classes comme dans les parcelles. Cette espèce a une croissance beaucoup plus rapide et s'adapte aux sols limono-sableux (MAYDELL, 1990) rencontrés sur les sites.

Acacia seyal se manifeste de façon significative dans les grandes classes de hauteur (2-3 m) dans la PAD/99 et la PSD/97. Ceci pourrait s'expliquer par la

nature du sol et par l'humidité. L'évolution des pieds est satisfaisante, dans la mesure où l'espèce atteint l'âge adulte à 8-10 m de haut.

Le travail du sol a eu un impact positif sur l'installation et le développement de la végétation ligneuse. En effet, les données dendrométriques (diamètre du tronc à 30 cm du sol, hauteur, recouvrement) ainsi que les densités des pieds sont révélatrices d'un niveau d'évolution acceptable de la population végétale.

L'amélioration des capacités hydrodynamiques des sols travaillés semble plus sensible sur les parcelles travaillées à l'aide de la charrue *Tréno,* en association avec un aménagement agroforestier. Le succès des semis de semences forestières locales obtenues à Gaïkgoata et à Sô confirme la démarche de restauration de VALLERANI (1995).

Le semis direct une fois maîtrisé pourrait constituer une voie de reforestation à moindre coût. MAYDELL (1990) est arrivé à la même conclusion pour les semis directs de *Acacia senegal.*

Les Planches 6, 7, et 8 présentent quelques illustrations de l'impact du travail du sol à l'aide de la charrue *Tréno* sur la régénération ligneuse et la production agricole, avec en avant plan le témoin non travaillé.

Ph. P.V. Lewitski /ADRA-Burkina /août, 1997.

Planche n° 6: Parcelle sylvopastorale de Gaïkgoata pendant le travail du sol en 1997.

Ph.:T.S.Zoubga/sept.2002

Planche 7 : Parcelle sylvopastorale de Gaïkgoata travaillée à l'aide de la *Tréno* en 1997. Réalisation de semis d'espèces forestières dominées par *Acacia senegal* donnant une densité de 701 pieds/ha et un recouvrement de 73%.

Planche n° 8 : Parcelle agroforestière travaillée à l'aide de la charrue *Tréno* en 1998 présentant une culture de sorgho.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de la présente étude, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- Les populations bénéficiaires ont accueilli favorablement la technologie et louent ses capacités restauratrices des potentialités agrosylvopastorales des sols. Cependant, face aux réalités socio-économiques, l'emploi de ces outils ne peut se faire qu'avec des appuis technique et financier extérieurs. Ainsi, l'approche méthodologique de récupération des terres à l'aide de ces outils devrait nécessairement s'orienter vers le renforcement des capacités locales.
- La restauration des terres dégradées à des fins agroforestières peut constituer une forme d'amputation des espaces pastoraux que les plans d'aménagement ne doivent pas occulter. Ceci risquerait d'exacerber les conflits entre agriculteurs et éleveurs ;
- Les charrues permettent la confection d'ouvrages anti-érosifs d'une grande capacité de stockage d'eau, qui favorisent et maintiennent les processus biologiques ;
- L'évolution des ouvrages et leur capacité de stockage en eau sont variables. Ceux réalisés sur des sols à texture sableuse ou qui sont exposés au pâturage intensif régressent plus vite avec le temps. Toutefois, ils sont à l'origine des résultats suivants, grâce à l'amélioration des conditions pédoclimatiques:

1. La production de la biomasse herbacée sur des sites jadis improductifs varie entre 827,58 et 2124,20 kg MS/ha, pour une pluviométrie comprise entre 300 et 380 mm. Ce résultat est intéressant dans la mesure où la production du Sahel burkinabè oscille entre 600 et 2500kgMS/ha.
2. La densité des formations ligneuses varie entre 182 et 762 pieds/ha dont 30 à 35 % sont régénérés naturellement.
3. L'évolution de la fertilité en fonction du traitement est lente mais sensible pour l'azote, le potassium et la MO. Cette évolution est remarquable sur les parcelles à couvert herbacé ou ligneux dense et où l'action anti-érosive et humidifiante des ouvrages est encore évidente ;

4. L'agroforesterie et le sylvopastoralisme sont deux modèles agroforestiers applicables sur les parcelles travaillées. L'agroforesterie offre l'avantage d'accroître l'infiltration et d'assurer la protection des plants ou de semis forestiers. Les parcelles sylvopastorales favorisent le développement du tapis herbacé mais se recolmatent au fil du temps une fois que la végétation s'installe mal.

5. Les parcelles travaillées à la charrue *Tréno* ont un potentiel végétal important, une bonne humectation à cause de la profondeur des sillons qui reste encore remarquable après cinq ans. Les demi-lunes régressent plus rapidement et atteignent au bout de cinq ans, un taux de comblement de 95%. Sur de telles parcelles recolmatées, un travail du sol est de nouveau nécessaire.

6. Le résultat le plus expressif à notre avis est le taux de succès des semis directs de semences forestières réalisés en 1997 et qui donne des formations de densités variant entre 701 et 762 pieds/ha et un taux de recouvrement de 50 et 73%. Ceci nous amène à penser que le travail du sol en association avec des semis de graines forestières, peut être une alternative pour de grandes économies en matière de reboisement.

Notre travail qui est une entreprise pionnière depuis l'introduction des charrues au Burkina Faso, a été confronté à des limites objectives :

- Nous avons pris en compte plusieurs facteurs d'impact que le temps ne permettait pas d'approfondir ;
- Les mesures de l'humidité (par la méthode gravimétrique) vue la distance et l'absence d'étuve sur place n'ont pas permis d'effectuer plusieurs répétitions. En outre, elles ont été partielles et n'ont concerné que les micro-bassins ;

Au regard donc des résultats mentionnés et des observations de terrain, nous formulons les recommandations suivantes à l'endroit des autorités du MECV, des responsables de projets/ONG et des producteurs, pour une utilisation judicieuse des charrues *Delphino* et *Tréno,* condition sine qua non d'une réhabilitation durable des sols dégradés :

- la récupération des terres fortement dégradées doit s'intégrer dans un plan global d'aménagement des terroirs villageois prenant en compte d'une part la responsabilisation effective des bénéficiaires dans la gestion des parcelles travaillées et d'autre part l'application systématique de technologies

complémentaires (zaï, digues filtrantes, etc), en vue de renforcer et de pérenniser les actions;

- le travail des sols sableux donne des résultats peu satisfaisants au regard du comblement rapide des ouvrages. Sur de tels sites, des mesures idoines (mesures de protection p. ex.) sont à intégrer pour permettre une végétalisation rapide des micro-bassins ;
- la levée des courbes de niveau avant le travail du sol doit être un préalable systématique comme dans le cas des ouvrages isohypses ;
- la prise en compte de la composante pâturage dans la récupération des terres dégradées doit être effective pour tenir compte de la complémentarité et de l'intégration des actions en milieu rural ;

Vu les proportions que prend le travail du sol à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno* au Burkina Faso, nous recommandons particulièrement la mise en place d'un programme nationale de réhabilitation des terres, qui pourrait accompagner les programmes de reforestation ou de gestion des terroirs. Celui-ci doit toutefois développer un système de suivi des sites et d'appui/conseils aux producteurs, en vue du renforcement de leurs capacités opérationnelles en la matière. La réflexion doit être engagée dans ce sens, sans perdre de vue que la réhabilitation des terres est un impératif écologique qui ne saurait être l'apanage des seuls producteurs du monde rural.

Cette étude réalisée au Soum s'est intéressée aux impacts agrosylvopastoraux liés au travail du sol. La question économique a seulement été effleurée au cours des enquêtes. Une étude ultérieure est envisageable à cet effet, laquelle pourrait mieux aborder l'impact économique du travail du sol à l'aide des charrues.

Enfin, il serait intéressant d'étendre une telle étude à d'autres provinces, afin de saisir au mieux les facteurs agro-écologiques qui interagissent dans les processus de récupération des terres dégradées à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno*.

REFERENCES BIBLIOGRPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERHAUT J., 1967 Flore du sénégal 2éd. Edition clairafrique Dakar, 485p.

BOUDET G., 1984 Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. ORSTOM/IEMVT, 4è éd Rev, 266p.

BOUDET G., 1991 Pâturages tropicaux et les cultures fourragères. OROSTOM, IEMVT, 266p.

BOUSQUET E., 1997 Réflexion sur la modélisation de divers phénomènes de dégradation des terres d'une région du Burkina Faso. Mémoire de DEA, CIRAD

BUNASOLS, 1985 Etat de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. Document techniques, n°1, 47p.

COULOMB I. ,CANEIL J. et MANICHON H., 1993 Comportement du sol au labour : évolution de l'état structural au cours du labour. Agronomie, Vol(6) : 441-560.

D'AQUINO P., 1996 Les évolutions dans l'occupation de l'espace et l'utilisation des ressources en zone agropastorale. Le cas de la province du Soum, au Nord du Burkina Faso. Thèse Université de Provence, Marseille, 254p + Annexes.

DAGET P. et GODRON M., 1995 Pastoralisme, troupeau et espaces et sociétés. Hatier, CIRAD, 510p.

DAGET P. et POISSONNET J., 1971 Méthode d'analyse de la végétation des pâturages, critères d'application. Ann. Agro. 22(I) : 5-41.

DAGNELIE P., 1975 Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques, vol II 468p.

DAGNELIE P., 1981 Principes d'expérimentation, 182p.

DETRAUX M. et KEITA M.N., 1999. Etude d'impact du travail des charrues *Delphino* et *Tréno* sur la récupération des terres fortement dégradées. FAO/Projet GCP/RAF/303/ITA, Forêts et Sécurité Alimentaire en Afrique Sahélienne, 76p.

Direction Régionale de l'Economie et du Plan du Sahel, 2001 Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRAT) du Sahel, tome1 Bilan diagnostic. DREP/DORI, 294p.

DJIGUEMDE P., 2000 Les bandes végétales d'espèces locales et leur influence sur l'érosion des sols et la production du sorgho à Gampèla. Mémoire d'IPEF, EFEF, 85p.

DOULCOM G., 2000 Problématique des espaces agrosylvopastoraux dans la province du Bam : le cas de la relique de brousse de Tanlili. Mémoire d'IDR. IDR/UPB, 113p.

DUCHAUFOUR P., 1988 Abrégé de pédologie 2è éd. Masson 223p.

DULIEU D. et THEBAUD B., 1991, Essai de méthodologies applicables à l'inventaire du milieu naturel de la province du Séno. PSB/PDIPS/ Dori (BKF/90X01), 42p.

Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire d'Haïti (FAMVH) / Groupe de Recherche et d'Echanges Tropicales (GRET), 1989 Manuel d'agronomie tropicale appliquée à la l'agriculture haïtienne, 43-274.

FAO, 1988 FAO production yearbook, 42-Collection FAO, Statistiques, Rome, 350p.

FONTES J. et GUINKO S., 1985 Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Université de Ouagadougou/MCF, 67p.

GROUZIS M., 1988 Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens(Mare d'Oursi, Burkina Faso). ORSTOM, 336p.

HAUT COMMISSARIAT DU SOUM, 1991 Plan quinquennal de développement 1991-1996.

HENNIN S., 1976 Cours de physique du sol, vol. I, 159p.

HIEN F.G., 1995 La régénération de l'espace sylvopastoral au Sahel: Une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Tropical Ressources Management Papers N°7, Wageningen Agricultural University, The Netherlands 223p.

HOOGMOED B.W and KLAIJ M.C., 1990 Soil management for crop production in the Sahel I: soil and climate parameters. Soil and Tillage Resarch, 16: 85-103.

HOOGMOED B.W., 1999 Tillage for soil and water conservation in the semi-arid tropics. Tropical Resources Management Papers, 24 Wagening Agricultural University, Wageningen, 184p.

INERA, 1998 Evaluation de la performance des techniques de collecte de l'eau dans les systèmes de production agricole au Burkina Faso. Document de travail, 80p.

LAL R., BLUM W.H, VALENTINE C., and B.A.STWART (éd) 1997 Methods for assessement of soil degradation, New York, CRC Press, Boca Raton, 558p

MANDO A., 1998 Soil dwelling termites and mulch improve nutrient release and crops. Arid Soil Rehabilitation and research, 12:153-164

MANDO A., BRUSSAARD L. and STROOSNIJDER L., 1999 Mulch and termite medited rehabilitation of crusted Sahelian vegetation. Restoration Ecology, 6: 33-41

MANDO A., ZOUGMORE R., ZOMBRE N., et HIEN V., 2000 Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsahararienne.

MAYDELL V. H-J., 1992 Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. GTZ, 531p.

NICOU R., 1977 Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal. Motivations-contraintes. BAMBEY, ISRA/CNRA, 51p.

NICOU R., OUATTRA B. et SOME L., 1990 Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) au Burkina Faso. Agronomie Tropicale 29 (11): 1101-1126.

OUATTARA B., OUATTARA K., SEDOGO P.M, ASSA A., LOMPO F. et FORTIER M., 1998 Modifications de la porosité du sol après trente trois années de labour d'enfouissement de fumier au Burkina Faso. Cahiers d'agricultures, 7 : 9-14.

OUATTARA B., 1984 Actions des techniques de travail du sol sur le bilan hydrique et les rendements d'une culture du sorgho en fonction du type de sol. Mémoire ISP Université de Ouagadougou, 109p.

OUATTARA, 1996 Effets combinés du travail du sol et des amendements organiques sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé dans la région de Saria (zone du centre du BF). Mémoire d'IDR-UPB, 83p.

PIERI C., 1989 Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. Ministère de la coopération française et CIRAT-IRAT, 444p.

PONTANIER R., M'HIRI A., AKRIMI N., ARONSON J. et LE FLOC'H (éd) 1995 L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? Paris, John Libbey Eurotext, 445p.

Programme Sahel Burkinabè/Projet de développement intégré de la province du Séno, 1992 Guide de terrain pour les espèces indicatives ou utiles.

Projet GCP/RAF/303/ITA « Forêts et sécurité alimentaire en Afrique sahélienne, 2000 » Rapport final, 47p.

REIJ C., SCOONES I. and **TOULMIN C. (éd) 1996** : Sustaining the soil : indigeous soil and water conservation in Africa. London Paris-Amsterdam-Wageningen, Earthscan, 26p.

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

SAGNON S., 1993 Effets de l'intensification des systèmes de culture sur l'évolution de la fertilité des sols dans le Sourou. Cas des terroirs de Lankoé et de Di, Burkina Faso. Mémoire DEA, FAST/Université Nationale de Côte d'Ivoire,75p.

SAWADOGO L, 1996 Evaluation des potentialités pastorales d'une forêt nord soudanienne du Burkina Faso (cas de la forêt classée de Tiogo). Thèse 3è cycle, FAST/Université de Ouagadougou, 125p.

TAITA P., 1997 Contribution à la connaissance de la flore et de la végétation de la réserve de la biosphère de la mare aux hippopotames de (Bala, Ouest du Burkina Faso). Thèse Doctorat 3è Cycle, FAST/ Université de Ouagadougou, 201p+ Annexes.

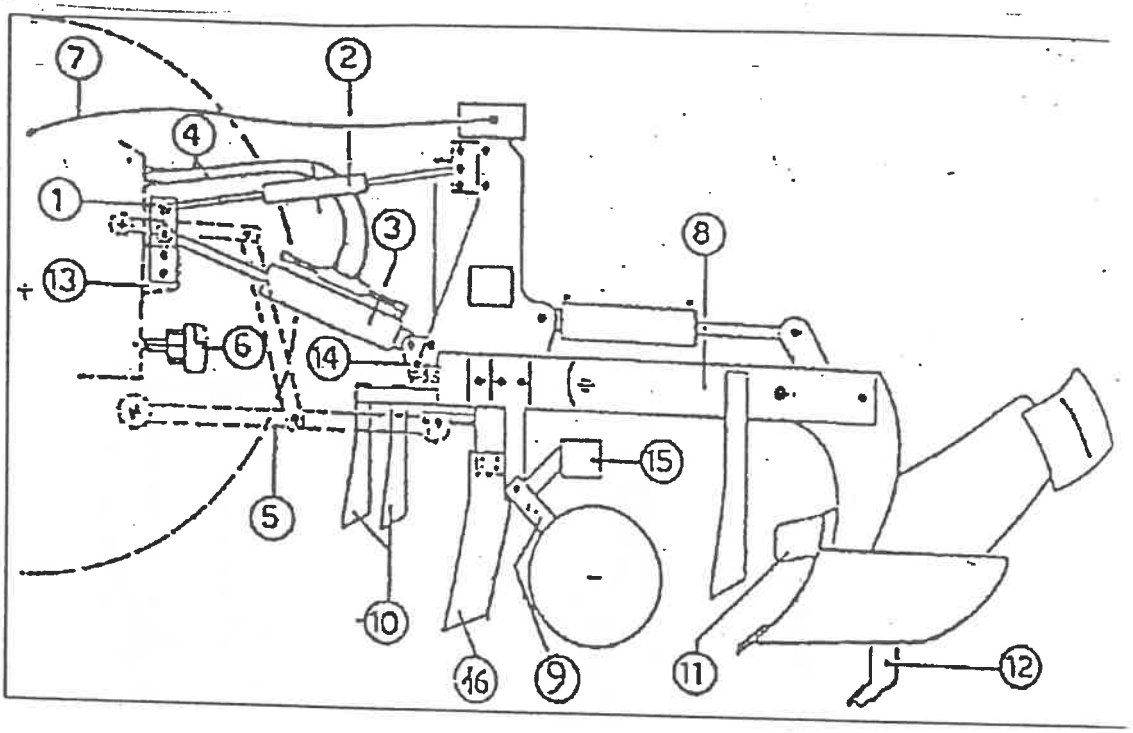
TOUTAIN et **PIOT, 1980** Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude qualitative de la zone sud de la mare d'Oursi (BF). CTFT/IEMVT, 201p.

VALLERANI V., 1995 La lutte contre la désertification (LCD) et la réhabilitation de l'Environnement (RE) au Sahel à l'aide du système Vallérani, 22p.

VIAROUGE N., 1996 Contribution à la connaissance de quelques peuplements ligneux dans une petite région agropastorale sahélienne : la province du Soum au Nord du Burkina Faso. Mémoire DESS Université Paris XII, 57p.

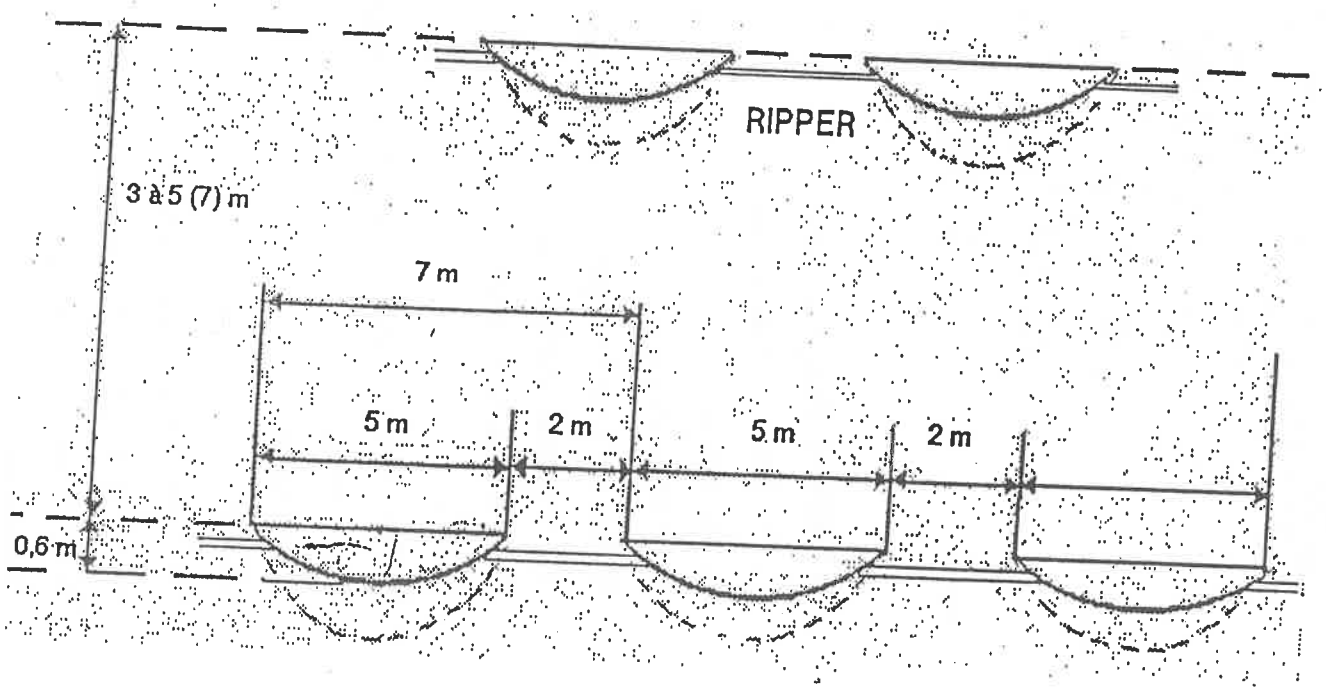
ANNEXES

Annexe I : Caractéristiques techniques de la charrue *Delphino* (VALLERANI, 1995)



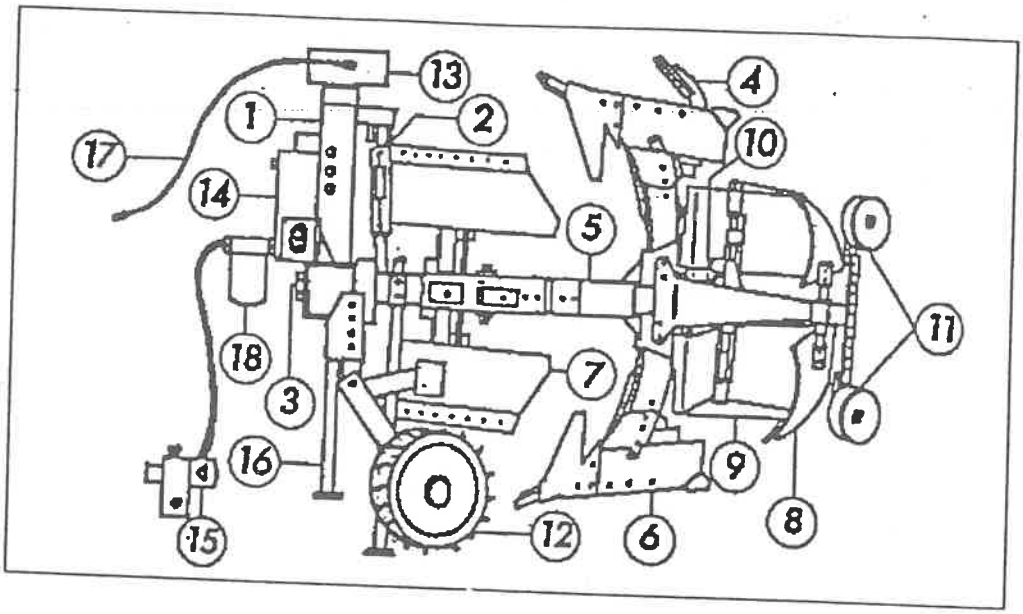
1) Plaques d'attelage au tracteur
2) Bras 3eme point du tracteur
3) Vérin hydraulique
4) Flexibles du vérin
5) Bras intérieur du dispositif de relevage hydraulique du tracteur
6) Pompe avec multiplicateur
7) Prise unipolaire 12 VDC
8) Châssis
9) Roue de commande du distributeur hydraulique
10) Lames antérieurs
11) Décrottoir
12) Sous-soleuse
13) Plaque 3eme point du tracteur
14) Attelage réglable du vérin hydraulique
15) Distributeur hydraulique
16) Couteau

Annexe II : Schéma d'ensemble des demi-lunes réalisées à l'aide de la charrue *Delphino* (VALLERANI, 1996)



Profondeur:	0,6-0,8 m
Largeur moyenne:	0,6 m
Largeur totale:	0,8 – 1 m
Longueur:	5 m
Superficie moyenne:	1,34 m²
Distance entre 2 demi-lunes:	2 m
Distance entre 2 lignes:	3 – 5 (7) m en fonction de la pluviométrie
Sous-solage en deçà du fond:	0,15 – 0,20 m

Annexe III : Caractéristiques techniques de la charrue *Tréno* (VALLERANI, 1995)



La charrue réversible est formée par les parties principales suivantes :

1) Porte-outils
2) Vérin hydraulique de retournement
3) Axe de retournement
4) Sous-soleuse
5) Châssis corps travaillant
6) Corps travaillant
7) Lame antérieure
8) Convoyeur
9) Elément de récolte
10) Vérin hydraulique pour contrôler le déchargement de l'élément de récolte
11) Couple roulettes de profondeur
12) Roue contrôle système hydraulique
13) Ventilateur
14) Réservoir huile
15) Pompe
16) Béquille
17) Fiche unipolaire
18) Filtre

RESUME

Tréno ***Delphino***

Les charrues *Delphino* et *Tréno* ont été conçues pour le travail à grande échelle de sols dégradés, dénudés et encroûtés, en vue de leur réhabilitation à des fins agrosylvopastorales.

L'expérience ici étudiée porte sur des sols travaillés en 1999 et 1997, dans la province du Soum, située au Nord du Burkina Faso. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du travail des charrues sur l'évolution biophysique des sols. Pour ce faire, un dispositif complètement aléatoire simple à trois facteurs en trois répétitions, comportant quatre parcelles sylvopastorales et trois parcelles agroforestières a été installé dans trois villages. Les facteurs sont : le type de charrue utilisée, le temps écoulé après le travail du sol et le modèle agroforestier appliqué. L'étude a porté sur une enquête auprès des populations bénéficiaires, une analyse physico-chimique d'échantillons de sol, des mesures d'humidité et un inventaire floristique.

La réhabilitation des terres dégradées doit intégrer la spécificité pastorale, au risque de favoriser l'occupation agricole d'espaces pastoraux. Les sillons cloisonnés et les demi-lunes confectionnés respectivement par la *Tréno* et la *Delphino* améliorent significativement les propriétés physiques et hydrodynamiques des sols. Les sillons ont une plus grande capacité de rétention en eau et une durée de vie plus longue. Les analyses physico-chimiques révèlent que les sols sont acides à neutres et sablo- limoneux à limono-argilo-sableux. Les sols travaillés à l'aide de la charrue *Tréno*, disposent d'un couvert végétal dense et s'enrichissent en N, K et M.O. Les parcelles sylvopastorales surpâturées et de faible couverture végétale se recolmatent.

La strate herbacée a été inventoriée par la méthode des « points quadrats ». Quarante-sept (47) espèces herbacées dominées par des graminées annuelles ont été recensées sur les parcelles sylvopastorales. L'évaluation de la biomasse, donne une production de 827,58 kgms/ha (parcelle travaillée à l'aide de la *Delphino* il y a 5ans), à 2124,20 kgms/ha (parcelle travaillée à l'aide de la *Tréno* il y a 3 ans). Ces valeurs induisent des capacités de charge allant de 0,12 UBT/ha/an à 0,53UBT/ha/an.

La végétation ligneuse a été inventoriée. Les densités des pieds issus de semis directs ou de plantations vont de 182 à 762 pieds/ha et celles des pieds provenant de la régénération naturelle de 13 à 270 pieds/ha. L'emploi des semis directs sur les parcelles travaillées s'est révélé comme un moyen pouvant permettre de réaliser de grandes économies en matière de reforestation.

Le travail du sol à l'aide des charrues *Delphino* et *Tréno* est une technologie de conservation des eaux et des sols, qui requiert des préalables techniques. En outre, une réhabilitation durable des sols, passe par une préparation judicieuse des populations bénéficiaires.

Mots clés : Burkina Faso, province du Soum, Charrues *Delphino* et *Tréno*, sols dégradés, travail du sol, demi-lunes, sillons cloisonnés, parcelles sylvopastorales, parcelles agroforestières, caractéristiques physico-chimiques du sol, inventaire floristique.