

Table des matières

DEDICACE	I
TABLE DES MATIERES	II
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	VI
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	VII
RESUME.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
1.1 L'AGRICULTURE DE CONSERVATION	4
1.1.1 Définition de l'Agriculture de Conservation	4
1.1.2 Les principes de l'Agriculture de Conservation	5
1.1.2.1 Le travail minimum du sol.....	5
1.1.2.2 La couverture permanente du sol.....	6
1.1.2.3 Rotations et associations culturales.....	7
1.1.3 Avantages de l'AC	8
1.1.4 Potentialités et Limites	9
1.1.4.1 Potentialités.....	9
1.1.4.2 Limites.....	10
1.1.5 Agriculture durable	11
1.2 GENERALITES SUR LES SPECULATIONS UTILISEES	12
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	15
2.1 ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE	15
2.1.1 Situation géographique	15
2.1.2 Le relief	16
2.1.3 Climat et pluviométrie	16
2.1.4 Sols et végétation	17
2.1.5 Milieu humain	17
2.2 MATERIELS	18
2.3 METHODES	19
2.3.1 Dispositif expérimental	19
2.3.2 Systèmes d'aménagement et conduite des parcelles	21
2.3.3 Notion d'effet	22
2.3.4 Collecte des données	22
2.3.4.1 Suivi des paramètres agronomiques	22
2.3.4.2 Suivi des paramètres hydriques du sol	23
2.3.5 Analyse des données	24
2.3.6 Mesure des performances technico-économiques	24
2.3.7 Outil d'évaluation des traitements auprès des producteurs	26
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	27

3.1	RESULTATS	27
3.1.1	Résultats du taux d'humidité du sol	27
3.1.1.1	Résultats du taux d'humidité du sol du mois de Septembre	27
3.1.1.1.1	Variation de l'humidité selon le travail du sol	27
3.1.1.1.2	Variation de l'humidité selon l'association culturale	28
3.1.1.1.3	Variation de l'humidité selon l'interaction travail du sol et culture associée	28
3.1.1.2	Résultats du taux d'humidité du sol du mois d'Octobre	29
3.1.1.2.1	Variation de l'humidité selon le travail du sol	29
3.1.1.2.2	Variation de l'humidité selon l'association culturale	30
3.1.1.2.3	Variation de l'humidité selon l'interaction travail du sol et culture associée	31
3.1.2	Les rendements	32
3.1.2.1	Rendements grains du sorgho	32
3.1.2.2	Les effets du travail du sol sur la production du sorgho	34
3.1.2.3	Les effets de l'association culturale selon le travail du sol	34
3.1.2.4	Rendements paille	34
3.1.3	Temps de travaux	36
3.1.4	La détermination de l'enherbement	36
3.1.5	Performances économiques	38
3.1.5.1	Produit brut (PB) et marge brute (MB)	40
3.1.5.2	Ratio vente sur coût (RVC)	41
3.1.5.3	Valorisation du temps de travail	41
3.1.6	Appréciation paysanne des traitements	42
3.1.6.1	Le mode culturel	42
3.1.6.2	Les modalités d'association culturale	43
3.1.6.3	Le Travail du sol	43
3.1.6.4	Le Labour	44
3.1.6.5	Scarifiage	44
3.1.6.6	Difficultés liées à la pratique du scarifiage	45
3.2	DISCUSSION	46
3.2.1	Analyse des effets du travail du sol sur l'état hydrique du sol	46
3.2.2	Analyse des effets spécifiques du travail minimal du sol	46
3.2.3	Analyse des effets spécifiques de l'association culturale	47
3.2.4	Analyse des effets combinés du travail du sol et de l'association culturale	48
3.2.5	Valorisation du temps de travail	48
3.2.6	Analyse des paramètres technico-économiques	50
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS		50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		52
ANNEXES		A

Remerciements

La réalisation de cette étude a été rendue possible grâce aux concours de plusieurs personnes. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux personnes qui d'une manière ou d'une autre nous ont apporté leurs soutiens.

Nos remerciements s'adressent à :

- Dr Patrice DJAMEN, Coordinateur de ACT en Afrique de l'Ouest et du Centre et notre Maître de stage, pour sa marque de confiance à notre égard et sa permanente disponibilité. L'occasion est pour nous de lui traduire notre reconnaissance pour son encadrement, son ouverture pour les échanges, ses conseils et encouragements ;
- Dr Fernand SANKARA, enseignant à l'IDR, pour le suivi, l'encadrement et la disponibilité à la réalisation de cette étude ;
- Le corps enseignant de l'IDR, pour son partage de connaissances, et les enseignements reçus ;
- Mr Jean Marie DOUZET, pour ses apports considérables et les relectures attentives de mon document ;
- Tous les chercheurs partenaires d'ACT, pour leur forte contribution et leurs encouragements ;
- Ma tante Mme KONE née YAMEOGO Bibata pour m'avoir hébergé durant la période de stage ;
- Mon oncle Mr KONE Ablassé pour son soutien et pour avoir facilité mon séjour à Ouagadougou ;
- Mr Bruno OUEDRAOGO, chef de Zone d'Appui Technique (ZAT) de Guibaré pour son soutien et la facilitation de notre intégration dans la zone d'étude ;
- Tout le personnel de ACT/SCAP : Mme BASSONO Judith, Mr SANKIMA Etienne et Mme DABIRE Angéline pour leurs sympathies et leurs soutiens moraux ;
- Nos aînés d'ACT/SCAP pour leurs conseils, appuis, encouragements et contributions à l'avancée de notre stage. Je pense à DA Sansan Jules Benoît, à ZERBO Dieudonné, BOUGOUM Harouna, ZERBO Ibrahima, GANOU Serge et à ESSECOFY Guillaume ;
- Tous les aînés de l'IDR qui ont consacré une partie de leur temps pour lire, corriger et apporter des suggestions en vue de l'amélioration de notre recherche ;

- Mes camarades stagiaires d'ACT/SCAP notamment CISSE Tayirou, et LANKOANDE Elisabeth pour leurs soutiens et les moments forts conviviaux et d'entraides passés ensemble. Aussi merci à mes camarades de l'IDR qui ont effectué leurs stages à Ouagadougou pour leurs bonnes collaborations ;
- Toute la famille pour son soutien multiforme et son affection ;
- Tous mes amis qui n'ont cessé de m'encourager ;
- Tous les producteurs et la population de Yilou pour leur accueil chaleureux et leur collaboration ;
- Tous ceux dont les noms n'ont pu être cités pour leur soutien multiforme, qu'ils trouvent ici l'expression de toute notre reconnaissance.

Liste des sigles et abréviations

AC : agriculture de conservation

ACT : African Tillage Conservation Network

ADRD : Agriculture et Développement Rural Durable

AOC : Afrique francophone de l'Ouest et du Centre

CEC : Capacité d'Echange Cationique

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

DGPER : Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale

FNUAP : Fonds des Nations Unies pour la Population

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture

FFS : Farmers Fields School

GDT : Gestion Durable des Terres

IDR : Institut du Développement Rural

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

RVC : Ratio Vente sur Coût

SCAP : Smallholder Conservation Agriculture Promotion in Western and Central Africa

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Liste des figures

FIGURE 1 : LES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE L'AC4

FIGURE 2 : LA ZONE D'ETUDE.....15

FIGURE 3: PRECIPITATIONS ANNUELLES DE GUIBARE DE 2004 A 2012.16

FIGURE 4 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL PRINCIPAL.....20

FIGURE 5 : PROFILS D'HUMIDITE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS, SELON LES TRAITEMENTS, EN SEPTEMBRE.29

FIGURE 6 : PROFILS D'HUMIDITE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS, SELON LE TRAVAIL DU SOL, EN SEPTEMBRE.27

FIGURE 7: PROFILS D'HUMIDITE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS ET SELON LES ASSOCIATIONS CULTURALES EN SEPTEMBRE.28

FIGURE 8: PROFILS D'HUMIDITE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS, SELON LES TRAITEMENTS, EN OCTOBRE.32

FIGURE 9: PROFILS D'HUMIDITE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS, SELON LE TRAVAIL DU SOL, EN OCTOBRE.30

FIGURE 10: PROFILS D'HUMIDITE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS ET SELON LES ASSOCIATIONS CULTURALES, EN OCTOBRE.31

FIGURE 11 : RENDEMENT (KG/HA) DU SORGHO SELON LES TRAITEMENTS33

FIGURE 12 : RENDEMENT PAILLE SORGHO (KG/HA) SELON LES TRAITEMENTS.35

FIGURE 13: TOTAL TEMPS DE TRAVAUX PAR TRAITEMENT36

FIGURE 14 : PRODUIT BRUT ET VALEUR AJOUTEE DES DIFFERENTS TRAITEMENTS.40

FIGURE 15: COMPARAISON DES RATIO VENTE SUR COUT (RVC) DES TRAITEMENTS.....41

Liste des tableaux

TABEAU 1 : RENDEMENT GRAIN DU SORGHO SELON LE TRAVAIL DU SOL(KG/HA).ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

TABEAU 2 : LE TAUX D'ENHERBEMENT SELON LES TRAITEMENTS38

TABEAU 3 : RECAPITULATIF DES CALCULS ECONOMIQUES.....39

TABEAU 4 : AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA CULTURE PURE ET DE L'ASSOCIATION CULTURALE CITES PAR LES PAYSANS.43

TABEAU 5: AVANTAGES ET CONTRAINTES LIES AU SCARIFIAGE ET AU LABOUR CITES PAR LES PAYSANS.45

Résumé

L'agriculture de conservation est de plus en plus envisagée comme un moyen pour relever le défi de l'augmentation durable de la productivité agricole au Burkina Faso. Cependant il manque encore de références locales sur les bénéfices et les interactions entre ses principes. Notre étude visait à contribuer à combler ce déficit de connaissances notamment en mettant en évidence les effets de la combinaison entre le travail minimal du sol et les associations culturales sur la production du sorgho.

Une évaluation qualitative des différents traitements a été réalisée avec la participation des producteurs lors de travaux de groupe. On a noté une production maximale de 3022 kg/ha de grain de sorgho pour l'association sorgho et mucuna en labour par rapport à l'agriculture conventionnelle qui a donné 3000 kg/ha. De façon générale les rendements obtenus en labour dépassent ceux du scarifiage d'où une meilleure stabilité des rendements. Pour ce qui est de la valorisation du temps de travail, les performances ont été meilleures en culture pure. On a obtenu un temps de travail de 70,2 Hj/ha pour la culture pure en labour et 76,8 Hj/ha pour le scarifiage en pure. Le scarifiage avec le sorgho associé aux plantes de couverture présente de faibles performances soit 114,3 Hj/ha pour la crotalaire et 115,5 Hj/ha pour le brachiaria. Les taux d'humidité ont présenté de faibles valeurs de l'humidité du sol en labour allant de 8,2 à 15,9%. Le scarifiage permet d'atteindre 17,6 % d'humidité du sol. Le labour n'a pas permis forcément de stocker plus d'eau dans le sol mais reste plus bénéfique à la production du sorgho que le scarifiage. Dans une optique de promotion de l'agriculture de conservation, il est important que les mesures appropriées soient prises pour renforcer la maîtrise par les producteurs de la technique du scarifiage et pour vulgariser la production des semences de plantes de couvertures.

Mots clés : agriculture de conservation, cultures associées, travail minimal, performances technico-économiques, Burkina Faso.

Abstract

Conservation agriculture is increasingly seen as a means to meet the challenge of sustainably increasing agricultural productivity in Burkina Faso. While it still lacks local references on profits and the interactions between these principles. Our study aimed to help fill this knowledge gap particularly highlighting the effects of the combination between minimum tillage and intercropping on the production of sorghum.

A qualitative assessment of different treatments was conducted with the participation of producers in group work. There was a maximum output of 3022 kg / ha grain sorghum with sorghum association mucuna plowed compared to conventional agriculture which gave 3000 kg / ha. Generally yields exceed those obtained by plowing than scarification in a greater yield stability. Regarding the evaluation of working time, the best performance was in pure culture. We got a working time of 70.2 Hj / ha for pure crop tillage and 76.8 Hj / ha for pure with scarification. Scarification associated with sorghum and plant covers present poor performance such as 114.3 Hj / ha to Slenderleaf and 115.5 Hj / ha for brachiaria. The humidity values presented low moisture soil tillage ranging from 8.2 to 15.9%. Scarification achieves 17.6% soil moisture. Tillage did not necessarily store more water in the soil but is more beneficial to the production of sorghum than scarification. To promoting conservation agriculture, it is important that appropriate measures be taken to strengthen control by the producers of the technique of scarification and to popularize seed production plant covers.

Keywords: conservation agriculture, mixed cropping, minimum tillage, technical and economic performance, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, le secteur agricole tient une place importante dans l'économie. Il occupe plus de 80 % de la population active et contribue en moyenne pour 33 % à la formation du PIB (PNUD., 2005). L'agriculture burkinabé est principalement extensive, et se pratique essentiellement dans des exploitations familiales, dominées par de petites exploitations de 3 à 6 ha maximum. La valeur des exportations agricoles représente 90 % de la totalité des exportations (MAHRH, 2008). Malheureusement cette agriculture souffre d'un manque de technologie et des caprices de la nature avec une pluviométrie spatialement et temporellement mal répartie. D'une manière générale, les pratiques agricoles traditionnelles entraînent une baisse rapide de la productivité (3-5 ans) en raison d'une dégradation des principales propriétés physiques, chimiques, biochimiques et biologiques des sols (Lompo *et al.*, 2008, Ouattara, 2009).

La recherche de systèmes de culture alternatifs à l'agriculture conventionnelle est désormais devenue une nécessité non seulement pour mieux conserver et restaurer la fertilité des sols, mais aussi pour relever le défi de la sécurité alimentaire dans un contexte marqué par la forte croissance démographique. Dans cette optique, plusieurs techniques visant la gestion durable des terres (GDT) ont été développées et promues au cours des dernières années. L'agriculture de conservation fait partie des nouvelles technologies de plus en plus envisagées pour aider les producteurs du Burkina Faso à relever les défis alimentaires, économiques et environnementaux (Djamen *et al.*, *in press*). L'agriculture de conservation (AC) est aujourd'hui mondialement reconnue comme une des meilleures voies pour opérationnaliser le concept d'agriculture durable dans une large gamme d'environnements agro-climatiques et socio-économiques.

L'AC est un concept générique qui désigne un ensemble de systèmes de culture dans lesquels trois principes fondamentaux sont mis en œuvre de façon simultanée à l'échelle de la parcelle (FAO, 2012) : travail minimal du sol, couverture végétale permanente du sol, et diversification des cultures à travers des rotations et/ou associations. L'AC a pour objectif de conserver, d'améliorer et de mieux utiliser les ressources naturelles liées à la gestion des sols, de l'eau et de l'activité biologique. Djamen *et al.*, (*in press*) soulignent que l'agriculture de conservation doit être opérationnalisée avec discernement suivant les milieux, l'objectif final étant d'arriver à concilier l'amélioration des conditions de vie des producteurs,

l'augmentation durable des performances technico-économiques des exploitations agricoles et la préservation des ressources naturelles dont notamment le capital sol. Des travaux de recherche et de développement ont montré que l'AC engendre des résultats économiques accrus : économie d'opérations, de travail, d'énergie, d'engrais et de pesticides, stabilisation voire accroissement des rendements, simplification de l'équipement et des intrants utilisés, amélioration des conditions de vie (Billaz et al., 2001 ; Djamen et al., 2005 ; Derpsch, 2007 ; FAO, 2008).

Cependant, les principes de l'AC sont souvent partiellement adoptés. La couverture végétale du sol est donc la plus rarement observée dans le contexte agricole « traditionnel » parmi les trois règles de l'AC (Serpantié, 2009). Dans le système traditionnel, certaines légumineuses (niébé, pois de terre...) et cucurbitacées rampantes associées à une céréale pourraient être assimilées à une couverture vive mais celle-ci n'est pas permanente et la couverture reste très partielle. L'AC suggère des couvertures vivantes (mucuna, crotalaire, brachiaria) qui répondraient à de telles préoccupations. Le travail minimal et l'association culturale constituent deux portes d'entrée importantes pour le développement de l'AC au sein des exploitations, mais il est important de mettre en évidence leurs bénéfices quand ils sont appliqués simultanément ou de façon isolée.

Les différentes formules proposées ont été ajustées au fil du temps et font cas de continuation pour une consolidation des résultats. Il serait impératif de trouver des systèmes de production plus conservateurs des potentialités du sol et adaptés aux contraintes actuelles. Une collaboration progressive et continue entre chercheurs, vulgarisateurs et paysans est nécessaire pour faciliter l'adoption par les paysans des meilleures options technologiques qui leur permettront l'utilisation durable de leurs terres. C'est dans cette optique que l'agriculture de conservation (AC) met en essai certaines expérimentations afin de proposer des solutions idoines face au défi que le monde paysan doit affronter.

Notre recherche ayant pour thème « **analyse des effets conjugués travail du sol et culture associée sur la production du sorgho** » se donne pour objectif de contribuer à l'adaptation et la promotion de la pratique des associations culturales et du travail minimal du sol dans le cadre du développement des systèmes d'agriculture de conservation en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. De façon spécifique, l'étude vise à :

- évaluer les effets de la pratique des associations culturales sur la conduite et la production des parcelles de sorgho ;
- réaliser une analyse comparative des performances technico-économiques de différentes associations culturales en fonction des modes de travail du sol ;
- identifier les bases de la combinaison entre le travail du sol et l'association culturale.

Les questions de recherche auxquelles nous tentons de trouver des réponses sont les suivantes :

- Quels sont les effets spécifiques du mode de travail du sol et du type de plante de couverture sur la production de sorgho ?
- Quelles sont les performances technico-économiques des différentes associations culturales en fonction de chaque mode de travail du sol ?
- Quel est l'effet conjugué du travail du sol et de la culture associée sur la conduite et la production de sorgho ?

Le présent mémoire comporte trois chapitres, le premier fait cas de la revue bibliographique. Le second chapitre présente les matériels et méthodes utilisés pour mener l'étude. Enfin le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à la discussion.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

1.1.1 Définition de l'Agriculture de Conservation

L'agriculture de conservation (AC) est un concept générique qui désigne l'ensemble des pratiques agricoles qui, tout en visant la rentabilité et la durabilité de l'activité agricole, concourent également à la protection de l'environnement (Chevrier et Barbier, 2002).

La définition de l'agriculture de conservation diffère selon les auteurs et ne fait pas l'unanimité. Selon Kaumbutho et Kienzle (2007), l'agriculture de conservation est un concept pour la sauvegarde des ressources de production agricole, et vise à atteindre des bénéfices acceptables ainsi que des niveaux de production élevés et durables, tout en conservant l'environnement. Elle est basée sur l'amélioration des processus biologiques naturels du sol. Les interventions telles que le labour mécanique ou attelé sont réduites à un minimum absolu, et l'utilisation d'intrants externes tels que les produits agrochimiques et les éléments nutritifs d'origine minérale ou organique sont appliqués à un niveau optimal et en quantité, de sorte de ne pas interférer avec, ou de perturber, les processus biologiques. L'Agriculture de Conservation est un moyen d'atteindre une agriculture durable et profitable par l'application de trois principes : perturbation minimale du sol, couverture permanente du sol et rotations /associations de culture (Triomphe et *al.*, 2007).

La figure ci-dessous illustre les 3 principes de l'AC :

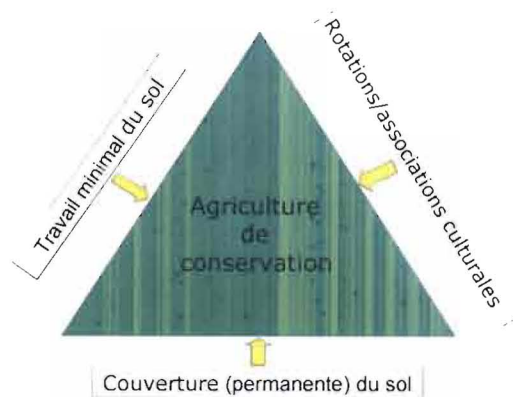


Figure 1 : les principes fondamentaux de l'AC

Source : Djamen *et al.*, 2005

1.1.2 Les principes de l'Agriculture de Conservation

L'Agriculture de Conservation est basée sur une amélioration des fonctions naturelles des écosystèmes, et donc une intensification de l'activité biologique dans et au-dessus du sol. Ce nouveau mode de production agricole fut promu depuis 2001 lors des conférences internationales bisannuelles sous l'égide de la FAO (Serpantié, 2009). L'AC représente une famille de systèmes de culture obéissant simultanément à trois principes techniques : travail du sol minimal, couverture du sol permanente et combinaison d'espèces cultivées dans le temps (rotations) ou dans l'espace (associations) (Djamen *et al.*, 2005 ; Triomphe *et al.*, 2007 ; FAO, 2008).

1.1.2.1 Le travail minimum du sol

Le travail du sol concerne l'ensemble des pratiques agricoles agissant sur le sol avant ou après l'installation des cultures. Il désigne le plus souvent les opérations de préparation du sol avant le semis. Ces opérations varient essentiellement en fonction de trois critères que sont la profondeur de travail, l'existence ou non d'un retournement de la surface et le degré de mélange des horizons (Labreuche *et al.*, 2007). Le choix du mode de travail du sol peut influencer de façon positive ou négative la dynamique de la structure, des micro-organismes et de la matière organique dans les sols, et agir par conséquent sur leur productivité (N'dayegamiye, 2007). En agriculture conventionnelle, le labour est une technique de travail du sol, ou plus précisément de la couche arable d'un champ cultivé, généralement effectuée avec une charrue, qui consiste à l'ouvrir à une certaine profondeur, à la retourner avant de l'ensemencer. Ce faisant, il accélère la minéralisation et augmente l'azote disponible à court terme pour la décomposition de la matière organique. Il accélère le réchauffement du sol et l'évaporation de l'eau du fait de la moins grande quantité de résidus en surface. Par une telle opération une compaction accrue du sol est générée ; le labour diminue fortement la qualité et la quantité de la matière organique en surface, favorisant ainsi sa décomposition anaérobie.

Dans l'AC, le labour est réduit, voire supprimé afin de préserver la structure, la faune et la matière organique du sol. Certaines pratiques telles que le semis direct présentent l'intérêt de ne pas perturber la structure du sol ; permettent la lutte contre l'érosion. Cela favorise une installation rapide des cultures, réduit la pénibilité et optimise les temps de travaux. On

constate également une valorisation des ressources minérales et hydriques en début de cycle cultural (FAO, 2010).

La pratique du scarifiage consiste à gratter superficiellement le sol avec un instrument aratoire à dents. Il permet une amélioration de l'infiltration des eaux et un contrôle des mauvaises herbes (Diarra A., *et al.*, 2008). A la différence du labour, le sol n'est pas retourné et la profondeur est moindre avec un maximum de 10 cm.

Les travaux du sol sont abandonnés ou réduits « au minimum », car ils favorisent la dégradation du sol par perte de stabilité structurale, appauvrissement biologique et accroissement de l'érodibilité des sols cultivés (Six *et al.*, 2002).

L'AC ne se réduit pas au simple changement de techniques de travail du sol mais associe d'autres innovations telles que l'usage de plantes de couverture ou de culture associées.

1.1.2.2 La couverture permanente du sol

Lorsqu'un sol n'est pas labouré, les résidus de culture s'accumulent et forment une couche de mulch. Cette couche protège le sol contre la battance et l'érosion éolienne, mais aussi contribue à la stabilisation de l'humidité du sol et de la température des horizons de surface (FAO, 2012).

Ces résidus, traditionnellement brûlés par les paysans, sont transformés, incorporés et mélangés au sol grâce à l'activité des microorganismes qui vont décomposer l'ensemble ainsi constitué pour former l'humus dont le rôle est important dans la stabilisation de la structure du sol. En outre, la matière organique du sol joue une fonction de solution tampon pour l'eau et les éléments nutritifs. L'infiltration de l'eau est facilitée, permettant ainsi de limiter le ruissellement et les risques d'inondations lors des grandes pluies.

Une couverture permanente du sol et le semis sur paillis protègent le sol et offrent un environnement favorable pour le développement de la plante (FAO, 2012).

Lorsque le sol est couvert de plantes ayant une forte production de biomasse et que les horizons supérieurs du sol ne sont plus perturbés, des mécanismes de régulation biologique s'activent : réduction de l'infestation adventice, de la pression et de la propagation de

certaines ravageurs et pathogènes (Séguy et *al.*, 2007 ; Triomphe et *al.*, 2007 ; Derpsch, 2007; Serpantié, 2009).

En AC on remplace certaines fonctions du travail du sol (ex : assurer le désherbage) et l'on vise à protéger le sol des intempéries, stimuler les processus biologiques responsables de la structuration des sols, accroître la richesse organique et biologique du sol, enfin optimiser la disponibilité en nutriments par l'accroissement de leurs flux et la limitation des fuites, conférant une meilleure efficacité aux engrais (Billaz et *al.*, 2001 ; Djamien et *al.*, 2005; Séguy et *al.*, 2007 ; Derpsch, 2007).

1.1.2.3 Rotations et associations culturales

En agriculture conventionnelle, une monoculture est répétée chaque année sur la même parcelle sans mesure des risques de prolifération des adventices, de certains parasites et insectes nuisibles. Elle désigne une pratique agricole qui n'admet que la culture d'une seule espèce sur une grande surface.

La rotation culturale est une succession ordonnée et répétée des cultures sur une même parcelle pendant une série d'années. Elle diffère de l'association culturale où plusieurs variétés sont rangées simultanément.

Les rotations/associations culturales constituent un élément important pour minimiser les risques encourus en monoculture. Elles permettent de briser le cycle des pathologies tout en valorisant les interactions entre les propriétés physiques et chimiques de différentes espèces végétales cultivées de façon alternative ou associées sur une même parcelle (FAO, 2012). Ces notions présentent des nuances avec l'assolement qui est plutôt la diversité géographique des cultures pendant une saison culturale.

La combinaison d'espèces ou de variétés cultivées dans le temps ou l'espace vise à améliorer l'exploitation du profil de sol, à limiter la spécialisation et la diffusion parasitaire (Serpantié, 2009).

Les associations de cultures constituent une pratique courante dans les pays du Sahel en vue de diminuer l'impact des facteurs altérogènes (abiotique et biotique) sur la production des cultures (Haougui, 2011).

Les motivations ou justifications relatives à la pratique des associations sont les suivantes : pratique paysanne ancienne, double voire triple production, gestion de la fertilisation du sol, gain en temps de travail et gestion de la disponibilité des terres (Essecofy, 2011).

1.1.3 Avantages de l'AC

L'action simultanée des trois principes de l'AC favorise ou restaure l'activité biologique dans le sol, en vue de multiples bénéfices pour la santé des plantes, la réduction des risques, l'économie d'interventions culturales et d'intrants (Séguy et *al.*, 2007). Les principes de base de l'agriculture de conservation peuvent être appliqués de façon universelle à tous les agrosystèmes ainsi qu'à l'utilisation des terrains au moyen de méthodes qui sont adaptées localement.

L'agriculture de conservation (AC) présente plusieurs avantages notamment d'ordres agronomique, environnemental et socio-économique :

✓ Sur le plan agronomique

Amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, augmentation des agrégats, de la matière organique et donc du niveau de fertilité du sol (Djamen et *al.*, 2005) ;

contribution à la durabilité des systèmes de production, non seulement en conservant, mais aussi en participant au développement des ressources naturelles et en augmentant la diversité faunique et floristique du sol (FAO, 2012) ;

facilitation de l'infiltration de l'eau, avec réduction de façon significative du ruissellement et de l'érosion. La lixiviation des éléments nutritifs du sol ou des produits chimiques est limitée (FAO, 2012).

✓ ***sur le plan économique***

Economie d'énergie, d'engrais et de pesticides, simplification de l'équipement et des intrants utilisés, amélioration des conditions de vie (Billaz et *al.*, 2001 ; Djamen et *al.*, 2005 ; Derpsch, 2007 ; FAO, 2008);

une main-d'œuvre moins importante, des puissances de travail inférieures, des rendements plus stables. La rentabilité des productions agricoles en AC tend à augmenter avec le temps par rapport à l'agriculture conventionnelle (FAO, 2003).

✓ ***Sur le plan environnemental***

Protection du sol contre l'érosion éolienne (due au vent) et hydrique (due à l'eau de pluie) ;

favorise la séquestration du carbone, d'où une réduction des émissions de dioxyde de carbone (Capillon et Séguy, 2002), aidant de ce fait à modérer le changement climatique ;

participe à la conservation du sol et de la biodiversité terrestre (FAO, 2003) ;

Le lessivage de matières actives dans le sol serait réduit en agriculture de conservation car la présence de couvert végétal augmente l'adsorption et la dégradation de celles ci (Barriuso et *al.*, 1991 ; cité par Chevrier A., et *al.*, 2002)

1.1.4 Potentialités et Limites

1.1.4.1 Potentialités

La pratique de l'agriculture dans le contexte sahélien est confrontée à un problème de productivité et de durabilité des systèmes de production. Soucieux des difficultés qu'ils rencontrent, les producteurs recherchent les moyens pour lever ces différentes contraintes. L'Agriculture de Conservation présente un grand potentiel pour tous les types d'exploitations agricoles et d'environnements agro-écologiques. Elle est d'un grand intérêt pour les petites exploitations ; celles dont les moyens de production limités ne permettent pas de lever la forte contrainte de temps et de main-d'œuvre, constituent une cible prioritaire » (FAO,

2008). L'AC serait ainsi appelée à remplacer l' « agriculture conventionnelle » dans toute situation agraire (Djamen et *al.*, 2005 ; FAO, 2008).

Elle permet de conserver le sol et sa biodiversité associée, capitaux naturels et patrimoines à transmettre aux générations futures. Ce capital naturel est nécessaire au développement socioéconomique, aux côtés des autres capitaux, justifiant la promotion de l'AC au nom d'un développement durable (Loyer et *al.*, 2009).

Son adoption repose sur un double postulat : que la combinaison des trois principes fait de l'AC en fait « la seule agriculture tropicale vraiment durable » (Derpsch, 2007), d'une part ; d'autre part que l'AC soit transposable aisément avec un minimum d'adaptations à tous les autres contextes que ceux qui l'ont vue naître.

En vertu de nombreux avantages identifiés par ses promoteurs, à la fois pour l'économie de l'exploitation agricole et pour l'environnement, l'AC apparaît comme un concept porteur dans le cadre du développement durable (Serpantié, 2009).

1.1.4.2 Limites

Dans la pratique, l'agriculture de conservation se heurte à certaines limites qui au demeurant peuvent être résolues. La mise en œuvre de l'AC rencontre des difficultés relevant du manque de maîtrise de cette forme d'agriculture. Partant des questions de couverture du sol, des contraintes surviennent concernant leur valorisation intrinsèque et leur difficulté à être maîtrisées, impliquant l'usage d'herbicides et de matériel d'épandage de précision afin de limiter les compétitions (De Tourdonnet et *al.*, 2003). Sous des climats à saison sèche marquée, fréquents en zone tropicale, le feu et le surpâturage en saison sèche constituent un risque important pour la pérennité de la biomasse de couverture, le surpâturage pouvant même « tirer la fertilité vers le bas » (Séguy, 2008).

A la surface du sol, les couvertures vives ou mortes provoquent aussi des difficultés techniques. La phase de semis est particulièrement délicate, nécessitant des outils ou des gestes beaucoup plus précis (Serpantié, 2009).

Outre ces contraintes le recours aux herbicides est aussi incontournable pour implanter une culture directement dans une jachère herbacée, pour réduire l'enherbement mal réprimé par une couverture morte insuffisamment dense (Triomphe et *al.*, 2007).

Pendant la transition du système conventionnel vers l'Agriculture de Conservation, les niveaux d'infestation par les adventices restent élevés (Triomphe et *al.*, 2007). Cette phase de transition peut atteindre une durée de cinq à sept ans (FAO, 2005). Une fois l'AC installée, des réinfestations peuvent se produire à partir de champs voisins. Aussi le travail du sol étant réduit lors de l'adoption de l'Agriculture de Conservation cause un changement dans la flore adventice (Swanton et *al.*, 1999 cité par Serpantié, 2009).

Au vu de ces différentes contraintes faisant obstacle à la vulgarisation de l'agriculture de conservation, il a été estimé que le transfert des pratiques nécessite une grande prise de précaution bien qu'elles aient fait leurs preuves ailleurs (Serpantié, 2009).

1.1.5 Agriculture durable

L'agriculture durable, par définition, est l'application à l'agriculture des principes du développement durable ou soutenable dont les technologies sont à la portée du paysan. Un système agricole durable est un système qui ne va pas tomber en crise dans un futur prévisible. Une crise agricole se caractérise par une baisse incontrôlée des rendements aboutissant à une production insuffisante pour assurer l'alimentation de la population. On définit souvent la durabilité au croisement de trois dimensions : économiques, sociales et environnementales. Autrement dit, pour être durable, l'agriculture doit assurer un revenu suffisant aux agriculteurs, être intégrée dans la société par un système d'échange équitable et préserver les ressources naturelles dont elle dépend (Dauvergne S., 2008).

Le Réseau Agriculture Durable donne une définition conceptuelle de l'agriculture durable :

« L'agriculture durable est le contraire d'un modèle : elle tente d'apporter des réponses locales aux questions posées dans une perspective globale quant aux fonctions et à la place qu'occupe l'agriculture dans la société. »

L'agriculture durable concourt à réduire les impacts du secteur en matière environnementale et sociale. C'est notamment une agriculture qui protège mieux la biodiversité, l'eau et les sols qui lui sont nécessaires et qui les utilise mieux via les auxiliaires de l'agriculture et les services écosystémiques.

Les principes de l'agriculture durable tels que la conservation du sol, la conservation des ressources en eau, la conservation des ressources génétiques et de la biodiversité, fondent les piliers de l'agriculture de conservation. Face aux crises alimentaire, sanitaire, énergétique et environnementale et à l'augmentation de la population mondiale, il est urgent que l'agriculture adopte des modes de production plus durables, qui soient à la fois à même de satisfaire les besoins d'une population en forte croissance tout en préservant les ressources naturelles pour les générations futures. L'agriculture durable s'appuie sur les fondements du développement durable. Cela signifie qu'elle doit répondre aux besoins des générations présentes sans compromettre le développement des générations futures, en leur garantissant les mêmes chances de progrès (<http://www.agriculture-durable.org/>).

1.2 GENERALITES SUR LES SPECULATIONS UTILISEES

➤ Le Sorgho (*Sorghum bicolor*)

Le sorgho (*Sorghum bicolor*) est une plante annuelle cultivée pour son grain et sa biomasse. Il a la capacité de résister aux températures élevées en cas de sécheresse. Sa culture demande des sols argilo-sableux à une acidité légère et contenant de l'azote et de la potasse. La variété Kapelga de race guinée est adoptée pour ses particularités. Les agriculteurs l'apprécient pour sa robustesse, sa capacité d'adaptation aux contraintes climatiques et biologiques. Elle présente un potentiel de rendement appréciable et des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes (Trouché *et al.*, 2001).

Les racines sont fasciculées et prennent naissance sur les entre-nœuds très courts de la base des tiges. Les feuilles du sorgho sont alternes, longues et angainantes. Elles ont une longueur de cinquante (50) à quatre vingt (80) cm. Les tiges sont cylindriques, droites et pleines. Les panicules terminales apparaissent 50 à 80 jours après le semis. Ces dernières portent comme fruit un caryopse de 4 ou 5mm de long. La phase végétative du sorgho, de la germination à la maturité a une durée comprise entre cent (100) et cent vingt (120) jours. Le grain germe au bout de vingt quatre (24) heures et la levée a lieu cinq (5) jours après le semis lorsque les conditions d'humidité sont respectées. La maturation est atteinte cinquante (50) à quatre vingt (80) jours après le semis.

Le sorgho est exigeant à la température. Il a besoin de 10 à 15°C pour sa germination et lors de son développement la température ne doit pas être au-dessous de 23°C. Son cycle végétatif nécessite 500 à 700mm d'eau.

➤ **Les plantes de couverture**

Le dispositif de couverture du sol utilisé pour cette étude est la couverture vivante. Il existe une grande diversité de plantes pouvant servir à la couverture du sol. Les graminées et les légumineuses sont les familles des plantes concernées. La couverture du sol permet l'établissement d'un micro climat favorable au développement des plantes et des organismes vivants dans le sol. En travail minimal, lorsque le sol est couvert de plantes à forte biomasse, des mécanismes de régulation biologique se mettent en place : réduction de l'infestation adventice, de la pression et l'expansion de certains ravageurs et pathogènes (Séguy et *al.*, 2007).

En agriculture de conservation, l'association culturale est assurée par des plantes de couverture telles que :

-le **mucuna** ; *Mucuna pruriens* ou *Dolichos pruriens* ; appartient à la famille des légumineuses qui ont la propriété d'enrichir le sol en azote, de mobiliser et recycler les éléments du sol. C'est une plante grimpante qui peut mesurer plus de 15 mètres de haut, ses fleurs sont blanches ou pourpres et ses gousses sont recouvertes de poils bruns jaunâtres. Son cycle végétatif est répartie sur 4 à 6 mois. Le mucuna n'est pas consommé en tant qu'aliment en raison de sa toxicité. Sa forte biomasse permet de lutter efficacement contre l'érosion et de contrôler l'enherbement des parcelles cultivées. Le mucuna se développe sur les sols argileux, gravillonnaires et sableux. Sur les sols argileux la production fourragère est plus importante.

-la **crotalaire** ; *Crotalaria sp*; de la famille des Fabaceae (légumineuses) est une plante érigée, fortement ramifiée. Cette plante annuelle présente un système racinaire pivotant formant des nodosités grâce à une association symbiotique avec les bactéries. La graine germe au bout de 3–4 jours après semis. Son développement végétatif peut durer 120 jours après le semis. Ses jeunes feuilles et ses fruits sont consommés après une cuisson à l'eau ou à l'huile.

-**le brachiaria** ; *Brachiaria sp*, est une espèce végétale de la famille des Poaceae (graminées). C'est une espèce pérenne, de durée de vie assez courte (3 à 5 ans environ). Il est diploïde avec un fort taux d'autopollinisation et se multiplie par ses graines et par ses organes végétatifs (production de racines sur les nœuds des tiges, possibilité de multiplication par éclats de souches). Il se développe en touffes qui s'étalent sur le sol formant un tapis dense. Le brachiaria a la facilité de se développer sur les sols compactés grâce à leur système racinaire fasciculé puissant. L'intérêt de sa culture est la remobilisation rapide de la fertilité des sols dégradés (Husson O., *et al.*, 2008).

-**l'arachide**; *Arachis hypogaea*, est une plante annuelle de la famille des Fabaceae. Elle possède une racine pivotante comportant des nodosités résultant de l'association symbiotique de la plante avec des mycorhizes et des rhizobiums. La graine au contact du sol humide se gonfle et la radicule apparaît très vite (24 à 48 heures) et lorsque la température est comprise entre 32- 34° C. Pour accomplir son cycle, l'arachide a besoin d'une pluviométrie comprise entre 400 et 1200 mm. La plupart des variétés mettent en moyenne 4 mois pour accomplir leur cycle végétatif.

Un sol couvert freine l'effet du rayonnement solaire qui par inflations thermiques provoque l'évapotranspiration. Cet aspect conditionne une meilleure conservation de l'eau du sol qui est mise à la disposition des plantes. Par cette même occasion les plantes de couverture amortissent l'action de l'énergie cinétique des eaux de pluie sur le sol diminuant l'érosion hydrique ainsi qu'éolienne. Cette diversité des cultures favorise l'accumulation de la matière organique et la formation d'humus.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

2.1 ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE

2.1.1 Situation géographique

L'étude a été réalisée à Yilou, un village de la commune rurale de Guibaré. La zone d'étude est située au Sud-Est de la commune à 11 km du chef lieu de la dite commune. A 38 km de Kongoussi, le village est traversé par la route nationale n° 22. Yilou est situé à 75 km de Ouagadougou et fait partie de la région du Centre-Nord. (PDRD, 2009).

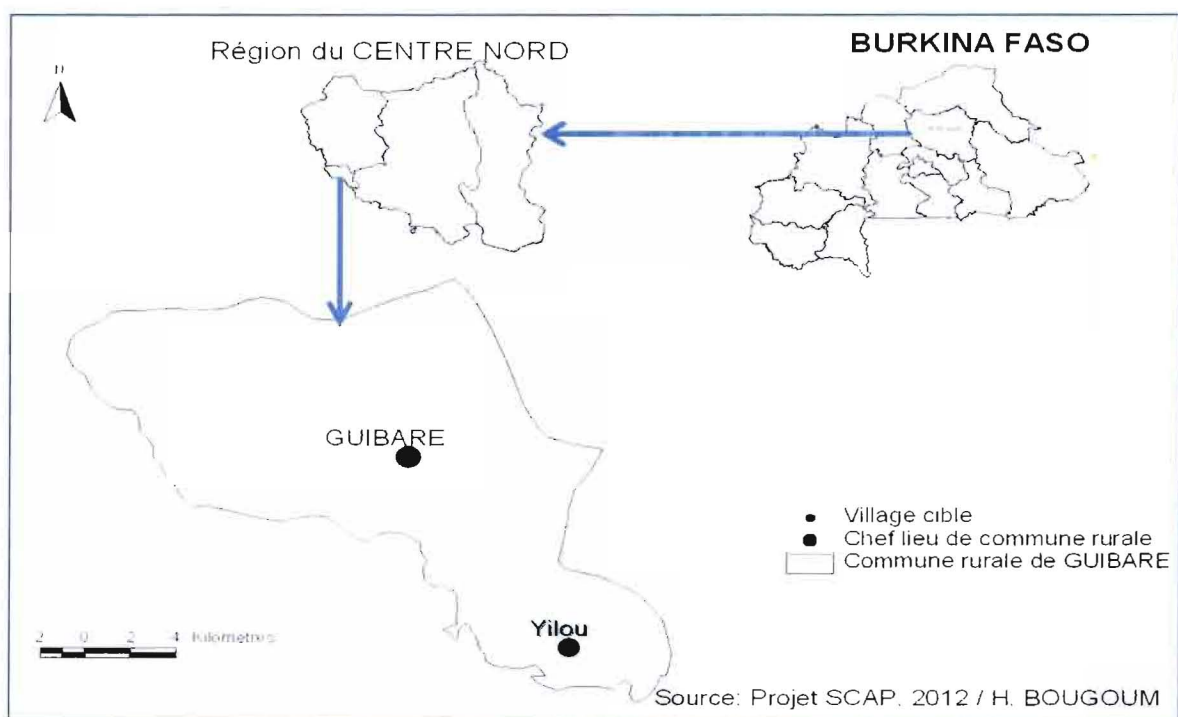


Figure 2 : La zone d'étude

2.1.2 Le relief

Le relief dans son ensemble est assez variable et se caractérise par des collines visibles au Nord, à l'ouest et à l'est avec des lambeaux de reliefs cuirassés formant un complexe schisteux (roches présentant une texture feuilletée) (PDRD, 2009).

2.1.3 Climat et pluviométrie

Le climat est de type soudano-sahélien, caractérisé par une alternance de deux (2) saisons :

- Une saison sèche de Novembre à Mai, avec des variations extrêmes de températures (13° à 45°) entre Décembre et Mai.

- Une saison pluvieuse allant de Juin à Octobre, qui ne s'installe de façon complète qu'en Juillet et s'achève en fin Septembre. (PDRD, 2009).

La pluviométrie est moyenne et se situe autour de 700 mm par an. Les précipitations sont irrégulières et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace dans une campagne agricole et lors d'une campagne agricole à l'autre.

Cette irrégularité des pluies se caractérise par des poches de sécheresse en début de saison et souvent des inondations ; cas des terres de bas-fonds aux alentours de Juillet et Août.

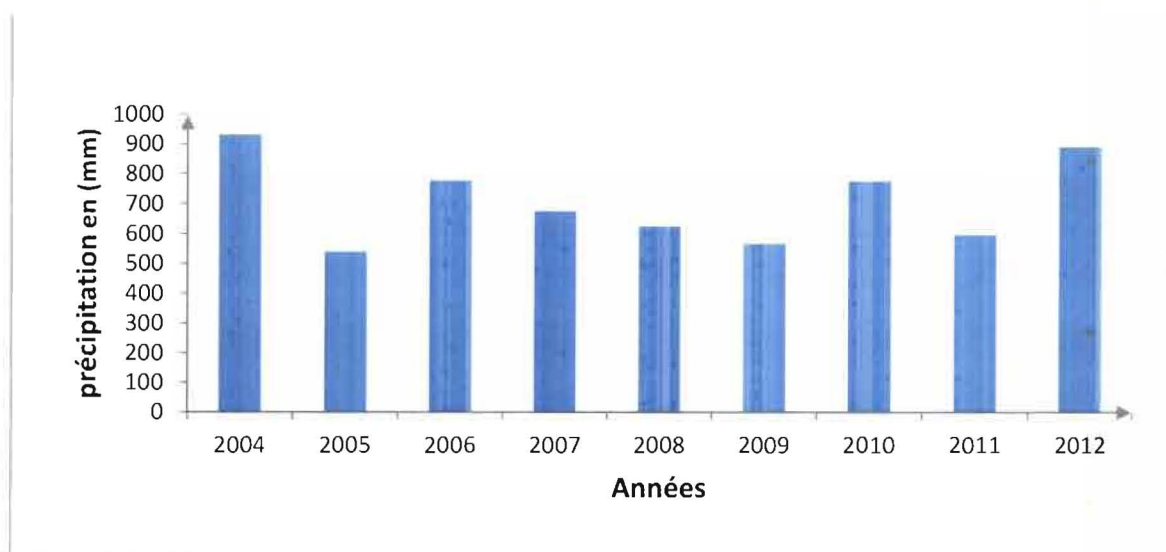


Figure 3: Précipitations annuelles de Guibaré de 2004 à 2012.

Source : Station météorologique ACT.

Il faut souligner le fait que ces saisons, autrefois bien marquées et régulières, sont aujourd'hui fortement perturbées. Cet état de fait a pour cause la dégradation du couvert végétal en vue de l'extension des plantations des cultures d'exportation et de subsistance.

2.1.4 Sols et végétation

Les principaux types de sols rencontrés sont :

Les sols minéraux bruts : ces sols sablo argileux sont les plus abondants, mais relativement pauvres. Ils occupent plus de 45% des superficies sur lesquels on cultive entre autre le mil, le sorgho, l'arachide, le niébé, le sésame, le voandzou.

Les sols hydromorphes : ils se rencontrent dans les bas-fonds. On y pratique la culture traditionnelle du riz. Ces deux types de sols sont pauvres en phosphore, en azote et en matière organique. Ces sols sont soumis à une très forte érosion hydrique et éolienne en plus de la dégradation due à l'action de l'homme (BUNASOLS).

Parmi les formations végétales les plus répandues on trouve la savane arbustive, la savane herbeuse, les steppes arbustives et enfin la végétation clairsemée liée au type semi-désertique du climat. Les principales essences forestières présentes sont : le karité (*Vittellaria paradoxa*), le néré (*Parkia biglobosa*), le raisinier (*Lannea microcarpa*), le kad (*Faidherbia albida*), le tamarinier (*Tamarindus indica*), le baobab (*Adansonia digitata*) et différentes sortes d'acacias. A ces essences forestières s'ajoute un tapis graminéen très important composé de *Andropogon gayanus*, *Loudetia togoensis*, *Cassia tora*, etc.

2.1.5 Milieu humain

La population de Yilou comptait 3740 habitants lors du recensement administratif de 2006. Les projections faites par rapport à son évolution (RGPH, 2006) avaient prévu 4015 habitants en 2009. La population est composée majoritairement de Mossé (les autochtones), de Peulh et de Yarcé. Les pratiques religieuses sont l'Animisme, l'Islam, le Catholicisme et le Protestantisme. Les principales activités génératrices de revenus pratiquées par la population sont l'agriculture, l'élevage, l'orpaillage, le commerce et l'artisanat.

2.2 MATERIELS

Les spéculations utilisées pour cette étude sont au nombre de (5) cinq et sont constituées de graminées et de légumineuses.

La culture principale est le sorgho (*Sorghum bicolor* (L). Moench) de la famille des Poaceae (Graminées). Les plantes de couverture sont choisies selon les préférences et les objectifs des producteurs, et aussi les caractéristiques pédoclimatiques des différentes parcelles. Elles concernent le mucuna (*Mucuna pruriens*), l'arachide (*Arachis hypogaea*), la crotalaire (*Crotalaria sp*) et le brachiaria (*brachiaria sp*).

Un certain nombre de matériels ont été utilisés afin de mener à bien nos différentes opérations d'échantillonnage et de collecte. Une tarière pouvant aller à 1 m de profondeur du sol a permis le prélèvement du sol. Des pots de confiture en verre ont servi à contenir les échantillons de sol. Il a été utilisé quelques cuvettes dans lesquelles les composites d'échantillons ont été préparés. Les échantillons prélevés ont été séchés dans une étuve à 105°C. Une balance de précision et un peson ont permis de mesurer les poids des différents échantillons. Des fiches de suivi ont servi au recueil des données.

2.3 METHODES

2.3.1 Dispositif expérimental

Le dispositif installé est constitué de trente (30) parcelles, dont les superficies élémentaires mesurent 40 m². Il présente un bloc factoriel avec 2 facteurs étudiés. Les facteurs sont le travail du sol avec deux modalités (labour et scarifiage) et le mode cultural avec cinq modalités. Les traitements sont au nombre de dix (10) avec trois (3) répétitions.

La culture principale est le sorgho ; les plantes associées telles que l'arachide, le mucuna, la crotalaire, le brachiaria, ont été installées conformément au dispositif expérimental. Pour ces cultures en association, l'arrangement spatial est l'interligne (une ligne de la culture associée entre deux lignes de la culture principale). L'association est faite de sorte qu'il n'y ait pas de concurrence entre les espèces choisies. A cet effet les dates de semis sont décalées, avec un temps d'une durée de (3) trois semaines entre la date de semis de la culture principale et celle de la plante de couverture.

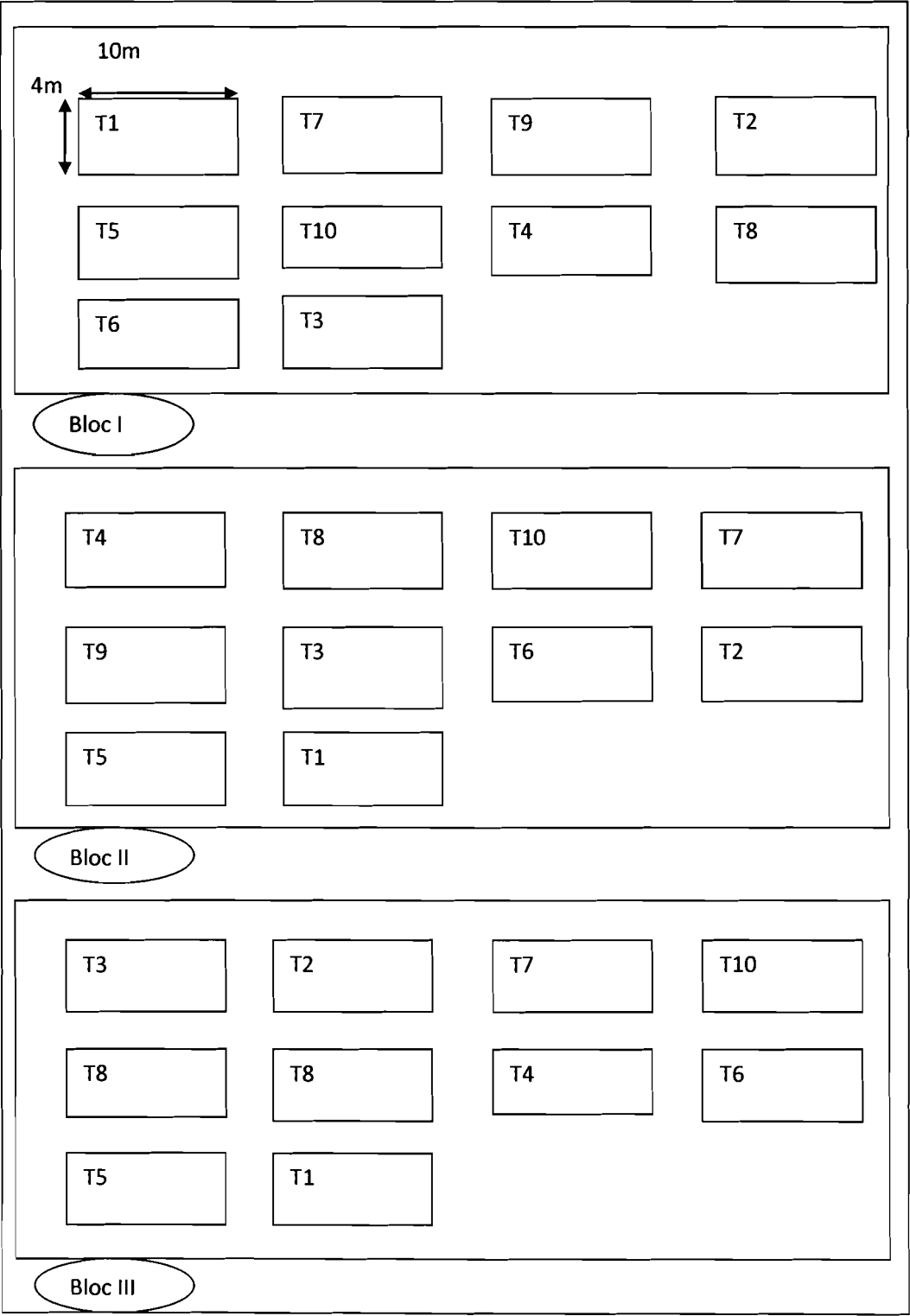


Figure 4 : Dispositif expérimental principal

Traitement T1: La parcelle a été labourée à la traction animale et la culture installée est le sorgho pur. Le traitement herbicide est effectué deux à trois jours après le travail du sol suivi du resemis en cas de mauvaise levée et du démariage lors d'une forte densité des pieds. Le premier sarclage est effectué avant l'application du NPK au quatorzième jour à la dose de 100 kg/ha. Le second sarclage intervient 45 jours après semis (JAS) suivi de l'application de l'urée avec une quantité de 50 kg à l'hectare. L'itinéraire technique exclue les opérations de buttage et de troisième sarclage. A maturité des cultures, les récoltes sont effectuées pour des mesures quantitatives.

Traitement 2 : Pour ce traitement la parcelle est scarifiée à l'aide d'un outil à dent (coutrier) en traction animale. Le sorgho est cultivé en pur. La suite de l'itinéraire technique est conforme au traitement 1, comme pour tous les autres traitements.

Traitement 3 : Le travail du sol réalisé est le labour et le mode cultural présente le sorgho associé à l'arachide.

Traitement 4 : La parcelle est scarifiée, accueillant le sorgho associé à l'arachide.

Traitement 5 : Le sorgho est associé au mucuna sur une parcelle labourée.

Traitement 6 : Le semis du sorgho en association avec le mucuna sur une parcelle scarifiée.

Traitement 7 : Sur une parcelle labourée le sorgho est semé en association avec la crotalaire.

Traitement 8 : A la différence du traitement 7 la parcelle est scarifiée à la traction animale.

Traitement 9 : Le travail du sol effectué est le labour sur lequel le sorgho est associé au brachiaria.

Traitement 10 : La parcelle étudiée est scarifiée accueillant le sorgho et la brachiaria.

2.3.2 Systèmes d'aménagement et conduite des parcelles

Les producteurs ont mis en place des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) au niveau de leur parcelle. Ces aménagements, qui sont les cordons pierreux et les haies vives, sont des techniques de défense et de conservation des ressources naturelles des parcelles. Les intrants agricoles utilisés au cours de l'étude sont principalement la fumure

minérale (Urée et NPK). Un traitement herbicide (Herbax, 1l/ha) fut effectué sur les surfaces agricoles. Les parcelles n'ont pas bénéficié d'apport de fumure organique.

2.3.3 Notion d'effet

L'effet d'une technique agricole est le changement qui résulte suite à sa mise en pratique. Il peut engendrer des aspects favorables ou non pour le système de production. Notre étude consiste à identifier et évaluer les changements occasionnés par l'application d'un ou des principes de l'AC sur la conduite du sorgho. Les observations portent tant sur les aspects quantitatifs que qualitatifs. Pour chaque système nous avons déterminé la quantité de grain et de biomasse obtenues en un premier lieu et en second lieu estimé l'effort fourni pour son application. Quant aux paramètres qualitatifs, nous avons déduit la complexité ou la facilité relative à l'application d'une pratique agricole donnée (semis, sarclage...). Ainsi, en influant sur les causes, on pourra agir sur les effets et obtenir le résultat recherché.

L'intérêt est de déterminer les valeurs agronomiques, environnementales, d'organisation du travail et de conservation de la stabilité du sol pouvant inciter à l'adoption d'une combinaison et à l'abandon d'une autre.

L'objectif est d'étudier les modifications engendrées par les techniques de travail du sol et de cultures associées sur la productivité.

2.3.4 Collecte des données

2.3.4.1 Suivi des paramètres agronomiques

La méthode de collecte consistait à récolter des données qualitatives et quantitatives au niveau de chaque parcelle. Au niveau de chaque parcelle élémentaire, les fiches de suivi ont permis de noter les informations relatives aux dates et temps de travaux pour toutes les opérations effectuées, ainsi que les outils utilisés pour les différentes opérations agricoles. Il a été souligné les intrants (nature, dose) qui ont été engagés lors de l'expérimentation. Les dates des différents stades phénologiques (levée, tallage, floraison, maturité) ont également été notées.

Pour la notation du taux de recouvrement des parcelles par les plantes nuisibles il a été pris en compte diverses notations : enherbement (notation selon échelle de 1 à 5), striga

(notation selon échelle de 0 à 3) ; ainsi que des cas indésirables : maladies et attaques de prédateurs (nature, sévérité en % de plants attaqués), carences, autres accidents possibles.

Le nombre des plants présents (sorgho et légumineuse) après démariage-repiquage est connu. La production de la biomasse (grains et pailles) est déduite suite à des mesures exhaustives des rendements.

L'évaluation de la couverture du sol par les mauvaises herbes permettra de déterminer les traitements favorables à la réduction de la pression des adventices. Les valeurs de Notation d'enherbement (NE) choisies varient de 1 à 5. Pour une notation d'enherbement (NE) = 1, les mauvaises herbes (MH) sont très rares et le taux de recouvrement du sol est inférieur à 5%. La notation d'enherbement (NE) = 2, indique que les mauvaises herbes couvrent 25% de la surface du sol. Lorsque cette notation (NE) = 3, les adventices couvrent 50% du sol. A une notation (NE) = 4 atteinte, 75% du sol est affecté par les mauvaises herbes et à une notation (NE) = 5, 100% du sol est couvert par les mauvaises herbes.

2.3.4.2 Suivi des paramètres hydriques du sol

Les paramètres hydriques recueillies sur le dispositif principal ont été collectées selon la méthodologie suivante :

Par parcelle, il a été fait un prélèvement d'échantillon composite de sol à la tarière en suivant la diagonale de la parcelle, afin de constituer un échantillon représentatif sur une première profondeur de 20 cm. L'échantillon prélevé est pesé immédiatement à frais pour éviter le séchage. Cette opération a été répétée pour les horizons inférieurs, jusqu'à 1 (un) mètre (20-40, 40-60, 60-80 et 80-100 cm). Nous avons considéré des horizons de 20 cm jusqu'à 100 cm de profondeur généralement la limite du front d'enracinement des cultures annuelles pratiquées dans le pays (Somé., 1989). On obtient donc 5 échantillons pour chaque parcelle. Les parcelles concernées par ce suivi étant au nombre de 18 (dix huit) nous avons au total 90 échantillons prélevés. Les échantillonnages ont été fait uniquement sur les parcelles présentant les plantes de couverture (mucuna, brachiaria, arachide).

Les échantillons de terre humide collectés au niveau des parcelles, une fois pesés à frais, passent à l'étuve à 105 °C durant 24 heures, puis sont pesés en sec. Les poids humides et secs des échantillons ont permis de calculer l'humidité du sol sur un profil de 100 cm de profondeur.

2.3.5 Analyse des données

Les données collectées lors des suivis sont regroupées en base de données sous les logiciels Access et Excel. Ces données sont analysées une fois traitées.

L'analyse des paramètres agronomiques considère principalement les résultats agronomiques obtenus sur les parcelles. On détermine les systèmes de culture qui fournissent les meilleurs rendements (quantité) et qui contribuent à conserver et améliorer l'état du sol pour une agriculture durable. La réserve en eau qui est exploitable par la plante (réserve utile) dépend des propriétés physico-chimiques du sol, de sa composition granulométrique, de l'arrangement des particules de sol et de la distribution de la porosité (Badeau. & Ulrich., 2008). L'analyse des paramètres hydrique met en évidence le rôle des caractéristiques de surface sur l'infiltrabilité et la disponibilité en eau du sol sous les différentes cultures associées sur les parcelles de labour et de scarifiage.

2.3.6 Mesure des performances technico-économiques

Les données quantitatives ont été converties en valeur monétaire. Afin de valoriser la production les prix moyens des différents produits obtenus ont servi à cette fin. Le prix du sac de sorgho est estimé à 17500 F CFA.

Pour une comparaison des différents systèmes la nécessité des calculs économiques s'impose, prenant en compte le produit brut, la marge brute (MB), les consommations intermédiaires et le revenu agricole (RA).

Définitions et formule des indicateurs économiques :

✓ Calcul du produit brut

Le produit brut (PB) est la valeur monétaire de la production brute agricole. Il correspond au produit des quantités produites par le prix unitaire de chaque production. Pour ce qui

concerne les associations culturelles leur produit brut total reviendra à la somme des produits bruts de chaque culture. Le calcul du produit brut considère également la production de paille.

$$\text{PB} = \Sigma (\text{produit}_i \times \text{prix unitaire du produit}_i) \quad (\text{Penot et al., 2010})$$

✓ **Les consommations intermédiaires(CI)**

Les consommations intermédiaires ou charges opérationnelles sont l'ensemble des biens et des services qui sont intégralement consommés au cours d'un cycle de production. Les charges opérationnelles incluent en particulier les semences, les engrais, les produits phytosanitaires (herbicides, insecticides), les frais de transport, et toutes les charges salariales temporaires affectées à la culture (main d'œuvre temporaire salariée). Les charges liées aux frais de transport et à la main d'œuvre salariale ne sont pas prises en compte dans le calcul.

$$\text{CI} = \Sigma (\text{biens} \times \text{prix unitaire du bien}) + \Sigma (\text{service} \times \text{prix unitaire du service}).$$

✓ **Marge brute (MB) ou Valeur ajoutée brute (VAB)**

La valeur ajoutée brute est égale au produit brut diminué des charges opérationnelles (aussi appelées consommations intermédiaires ou frais variables). La valeur ajoutée brute est le revenu agricole réel, c'est à dire la création de valeur réelle d'origine agricole et issue du travail (et en conséquence n'incluant pas les subventions ni les mains d'œuvres salariales) (Penot et al., 2010).

$$\text{VAB} = \text{PB} - \text{CI} \quad (\text{Penot et al., 2010})$$

✓ **Le ratio vente sur coût (RVC)**

Le ratio vente sur coût correspond au rapport du produit brut sur les coûts ou les charges opérationnelles dues à la production.

$$\text{RVC} = \frac{\text{PB}}{\text{CI}}$$

✓ Valorisation brute du travail (Vw)

La valorisation brute du travail correspond à la marge brute divisée par le temps de travail effectué pour sa réalisation. Elle permet de déduire le système qui rationalise le temps de travail et à partir duquel on a une production élevée avec un temps de travail réduit. On obtient ainsi les performances des systèmes dans les exploitations.

$$V_w = \frac{\text{VAB du système}}{\text{temps de travail total du système}} \quad (\text{Penot et al., 2010})$$

2.3.7 Outil d'évaluation des traitements auprès des producteurs

L'outil utilisé pour obtenir les informations relatives aux opinions, attitudes et expériences des producteurs a été le focus group. Un focus group est un type d'entretien de groupe composé de personnes concernées par une politique de développement ou une intervention (Simard G., 1989). Il est destiné également à expliciter les attentes vis-à-vis de l'adoption de l'Agriculture de Conservation.

Des fiches d'évaluation ont servi à la collecte des informations recherchées suite aux réponses et opinions obtenus auprès des producteurs. Lorsqu'il est utilisé à la suite d'un programme pour en évaluer l'impact, il permet de comprendre, d'analyser et de décomposer le fondement des opinions exprimées par les participants (Simard., 1989).

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 Résultats du taux d'humidité du sol

3.1.1.1 Résultats du taux d'humidité du sol du mois de Septembre

3.1.1.1.1 Variation de l'humidité selon le travail du sol

Les différentes techniques de préparation du sol présentent des variabilités quant à leur potentiel à garder l'humidité. On constate des différences de moyennes significatives seulement pour l'horizon superficiel. Les moyennes observées en scarifiage sont plus élevées qu'en labour, soit des valeurs respectives de 17,6 % et de 15,9 %.

Ainsi l'état hydrique du sol caractérisé par la quantité d'eau qu'il contient, calculé à partir de la méthode gravimétrique révèle une différence d'humidité en fonction de travail du sol. La figure 6 présente l'évolution de la quantité d'eau en fonction de la profondeur et du mode de travail du sol (labour, scarifiage).

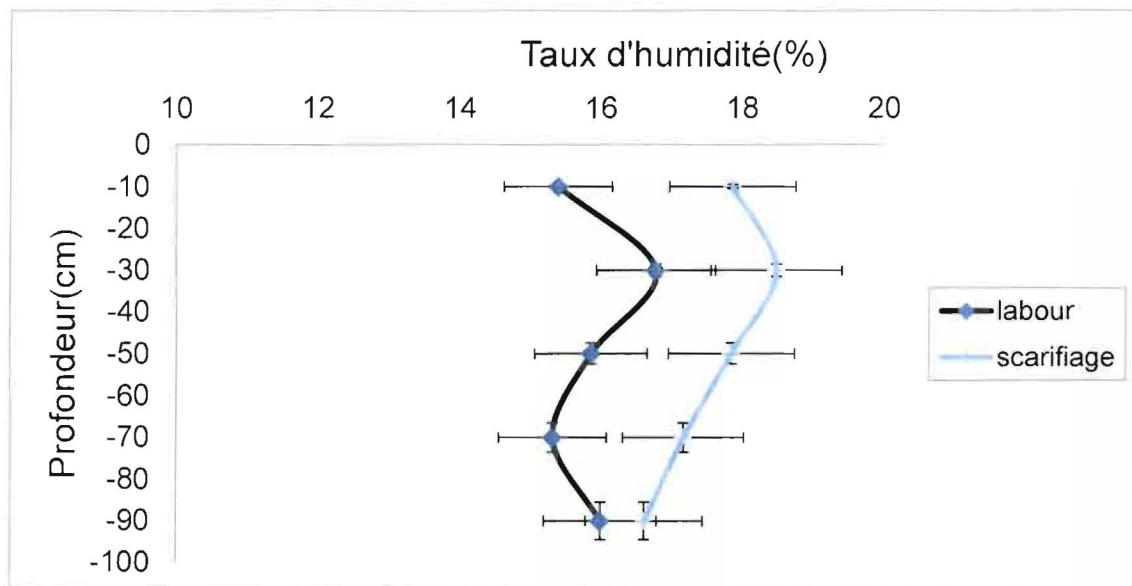


Figure 6 : Profils d'humidité du sol à différentes profondeurs, selon le travail du sol, en septembre.

3.1.1.1.2 Variation de l'humidité selon l'association culturale

Les données obtenues à partir des analyses statistiques montrent que pour les trois systèmes d'association concernés, les plus grandes moyennes sont observées sur les parcelles qui portent l'association sorgho + mucuna, soit une quantité d'eau de 19,4 % sur une profondeur comprise entre 20 et 40 cm. La moyenne sur 1 (un) mètre de profondeur pour cette association est de 18,2 %. L'association sorgho + arachide présente la plus faible humidité du sol, avec une teneur moyenne de 15,5 %. En définitive, c'est l'association sorgho + mucuna qui permet de conserver le plus d'humidité dans le sol, tandis que l'association sorgho + l'arachide est celle qui garde le moins d'humidité. L'association sorgho + brachiaria donne une humidité intermédiaire de 16,5 %. L'évolution de l'humidité du sol selon l'association culturale est montrée par la figure 7.

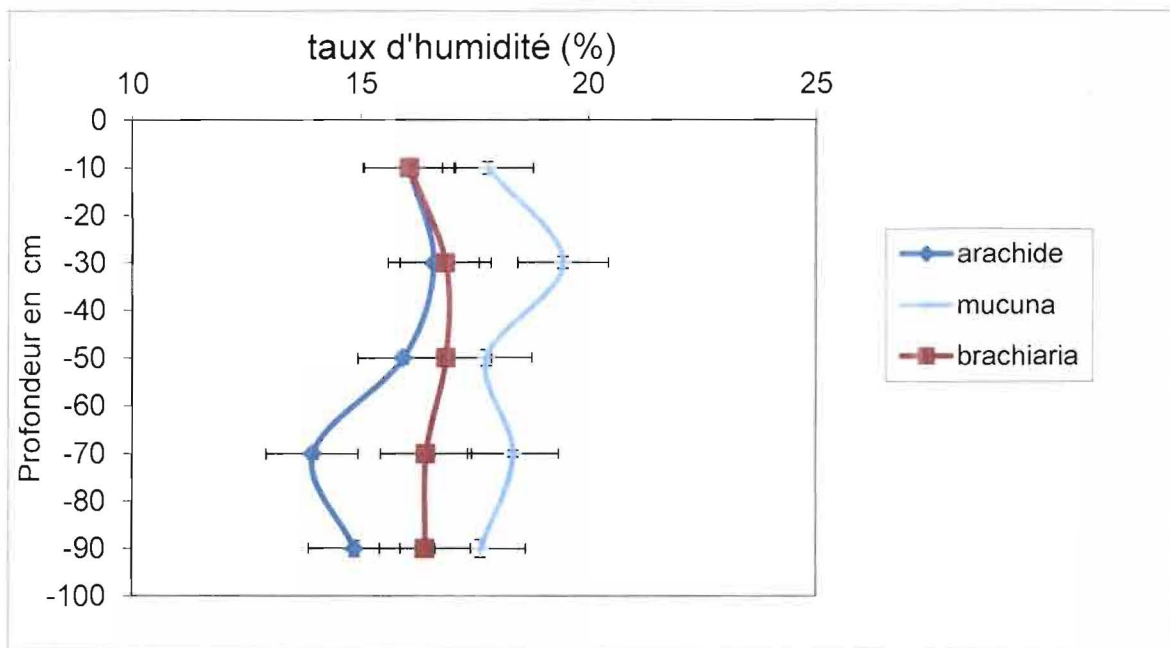


Figure 7: Profils d'humidité du sol à différentes profondeurs et selon les associations culturales en septembre.

3.1.1.1.3 Variation de l'humidité selon l'interaction travail du sol et culture associée

L'action simultanée des modalités des différents facteurs détermine une variabilité de l'humidité du sol dans les différents systèmes testés. Le volume d'eau le plus élevé se remarque sous un sol scarifié portant l'association sorgho et mucuna (20,3 %) entre 20 et 40 cm de profondeur. Il est d'une moyenne de 18,2 % sur un profil d'un mètre. L'association

sorgho + mucuna enrégistre également avec le labour une bonne humidité avec une teneur moyenne de 17,8 % d'eau sur toute la profondeur. Les teneurs en eau des sols scarifiés, où le sorgho est associé au brachiaria sont de 17,7 % et de 16,5 % pour l'association sorgho + arachide. Enfin, ce sont avec les associations sorgho + brachiaria et sorgho + arachide en surfaces labourées que les teneurs en eau sont plus faibles ; soit des volumes respectifs de 15,4 % et 14,4 % (figure 5).

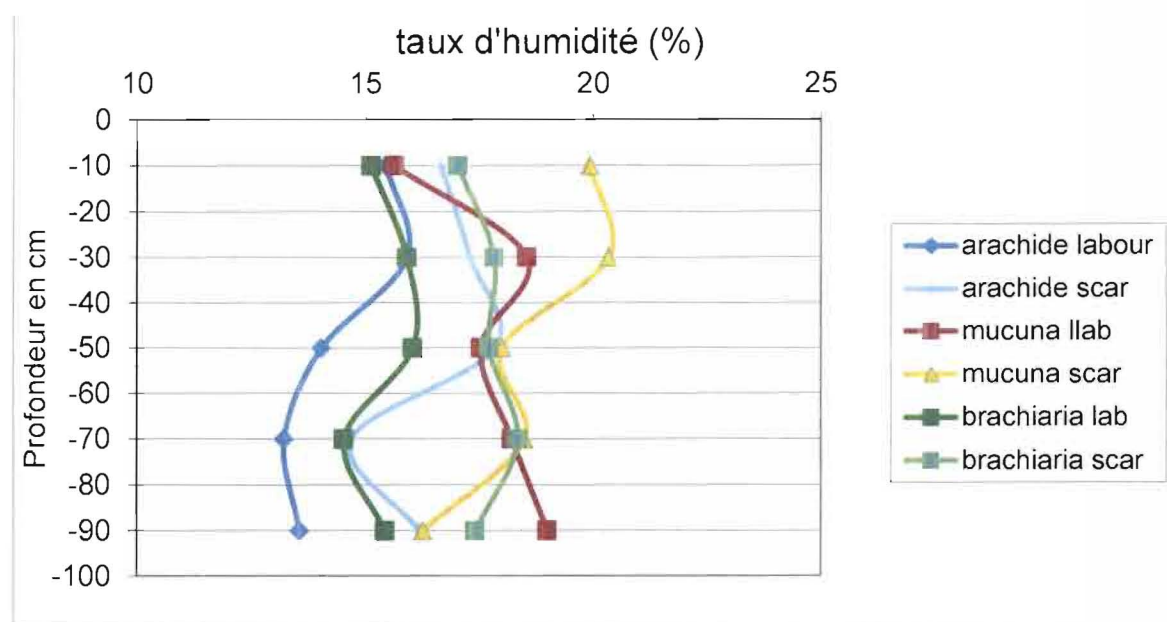


Figure 5 : Profils d'humidité du sol à différentes profondeurs, selon les traitements, en septembre.

Légende : lab=labour, scar=scarifiage.

3.1.1.2 Résultats du taux d'humidité du sol du mois d'Octobre

3.1.1.2.1 Variation de l'humidité selon le travail du sol

Les terres prélevées au mois d'Octobre contiennent moins d'eau que celle du mois précédent. Cela est dû aux caprices de fin de saison pluvieuse où les pluies se font de plus en plus rares. Les moyennes de l'humidité du sol tournent autour de 8,2 % pour le labour et 10 % pour le scarifiage. La plus forte humidité du sol en labour est de 8,6 % (80-100 cm) contre 10,6 % (40-60 cm) pour le scarifiage (figure 9). Une fois de plus l'humidité conservée est plus élevée dans un sol scarifié que labouré. On pourra confirmer que les mêmes raisons citées déterminent une meilleure infiltration et une bonne conservation de l'eau sur un sol scarifié.

Les moyennes de l'humidité du sol ne varient pas fortement entre elles pour chaque mode de travail du sol. Cela est démontré par la faible valeur des différents écarts types. Les différences des chiffres obtenus en labour et en scarifiage peuvent permettre à la plante de prolonger de plusieurs jours sa survie, en cas de sécheresse prolongée.

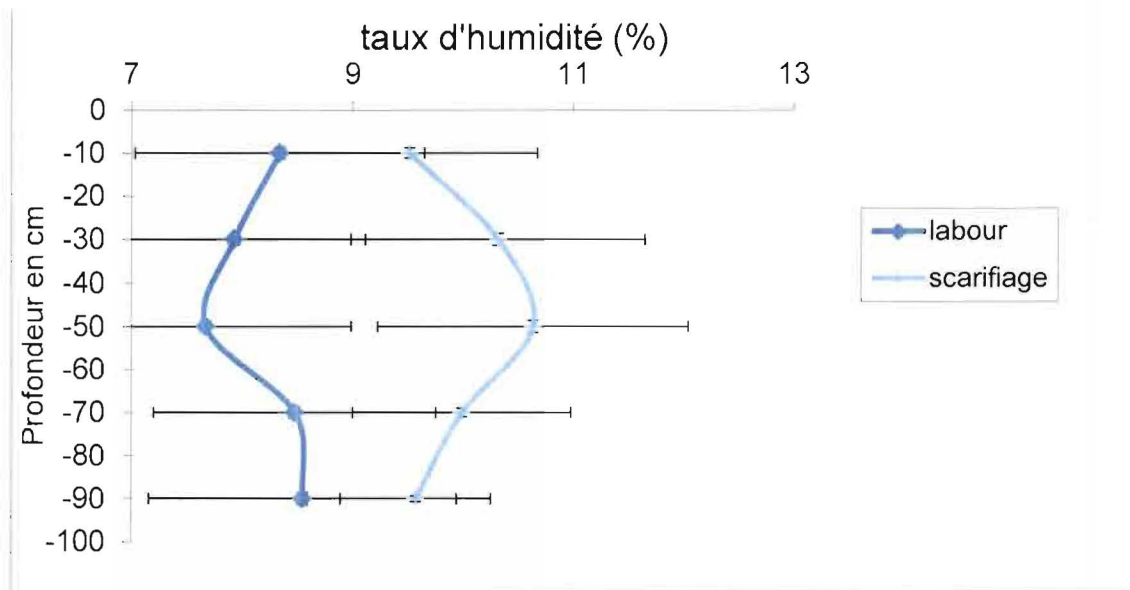


Figure 9: Profils d'humidité du sol à différentes profondeurs, selon le travail du sol, en octobre.

3.1.1.2.2 Variation de l'humidité selon l'association culturale

Les valeurs statistiques de l'humidité du sol obtenues au mois d'Octobre respectent le même ordre que celles du mois de Septembre. Les surfaces couvertes par le mucuna présentent 10,3 % d'humidité sur un mètre de profondeur. Les deux (2) autres associations, sorgho arachide (8,3 %) et sorgho brachiaria (8,6 %), donnent des humidités comparables plus faibles. Cela pourrait être étayé à partir de la figure 10 qui présente l'humidité du sol relative au type d'association culturale.

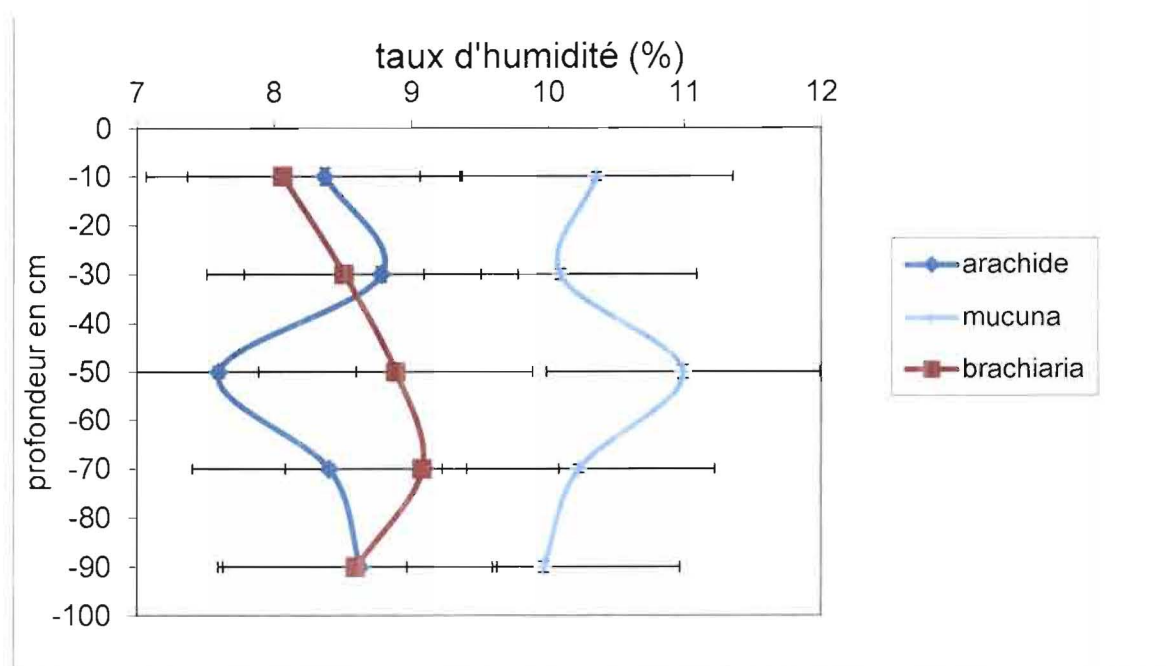


Figure 10: Profils d'humidité du sol à différentes profondeurs et selon les associations culturales, en octobre.

3.1.1.2.3 Variation de l'humidité selon l'interaction travail du sol et culture associée

Pour la deuxième date on note une teneur en eau sur sol labouré légèrement supérieure à celle du sol scarifié pour l'association sorgho + mucuna. Elle est de 10,5 % en faisant une moyenne générale des valeurs obtenues sur 1(un) mètre de profondeur. Ce résultat confirme l'intérêt de l'association sorgho mucuna. Cela détermine la particularité du mucuna dans le maintien de la quantité de l'eau du sol. On constate une situation autre que celle survenue au cours du mois de septembre uniquement pour ce seul système. Ensuite les teneurs d'eau les plus élevées se rencontrent sur les sols scarifiés, avec, par ordre d'appréciation les associations sorgho + brachiaria (10,4 %), sorgho + mucuna (10,2 %), et sorgho + arachide (9,5 %). Les associations sorgho + arachide et sorgho + brachiaria en labour présentent des humidités nettement plus faibles (figure 8).

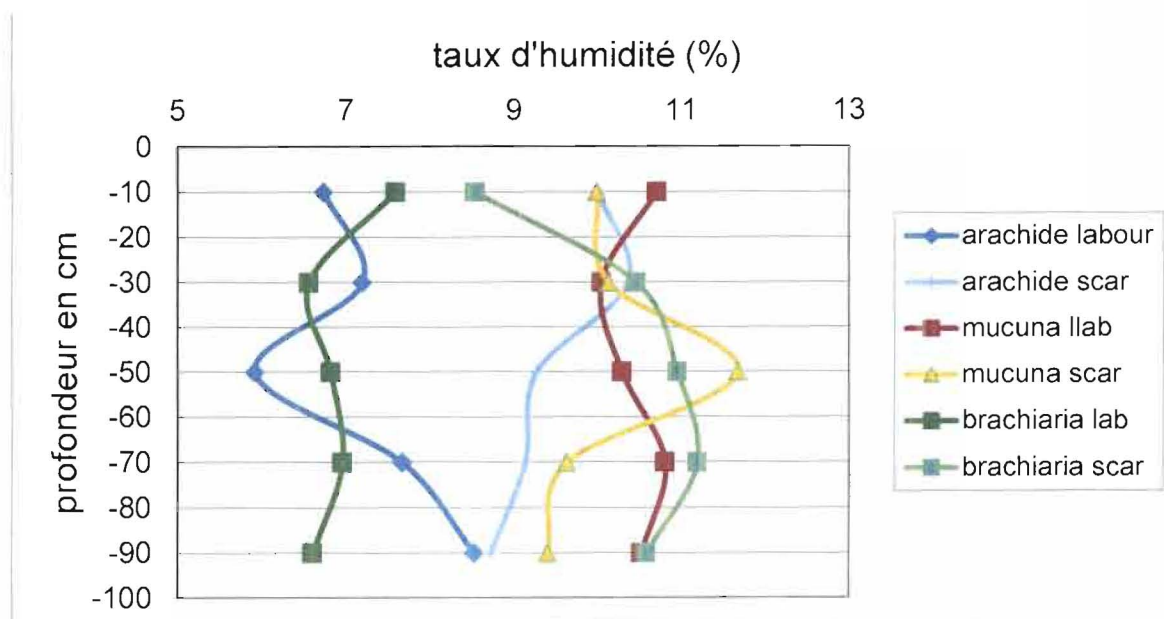


Figure 8: Profils d'humidité du sol à différentes profondeurs, selon les traitements, en octobre.

3.1.2 Les rendements

Le rendement grain des plantes de couverture n'a pas fait l'objet de comparaison. Il n'a été enregistré que le rendement grain de l'arachide avec 408,3 kg/ha en labour et 311 kg/ha sur les parcelles scarifiées. En dehors de l'arachide, les autres plantes de couverture n'ont pu atteindre la maturité et entrer en production du fait de la durée très courte de la saison des pluies. En outre, un écart de date de semis de 21 jours est observé entre la culture principale et les plantes de couverture afin d'éviter les éventuelles concurrences entre les cultures. Le semis tardif des cultures associées affecte négativement la précocité de récolte des plantes associées au sorgho. Au cours de cette étude il n'a été considéré que l'apport spécifique des plantes de couverture au voisinage du sorgho sur la production et la conduite de ce dernier.

3.1.2.1 Rendements grains du sorgho

Les rendements grains du sorgho varient en fonction des traitements (figure 11). L'analyse de variance montre des différences hautement significatives entre les traitements selon le test de Student-Newman-Keuls ($P < 0,001$). Le rendement le plus important en sorgho a été observé avec le traitement 5 (labour, sorgho associé au mucuna) avec 3022 kg/ha. Le

traitement 10 (scarifiage, sorgho associé au brachiaria) enregistre le plus faible rendement avec 1750 kg à l'hectare. Le traitement 4 (scarifiage, sorgho+arachide) en comparaison avec le traitement 10 ne varie pas considérablement avec 1885 kg/ha. Les rendements les plus élevés s'observent en labour et concernent respectivement la culture pure (T1) et les associations culturales sorgho + mucuna (T5) et sorgho + crotalaire. Ces traitements montrent une différence hautement significative en comparaison avec ceux des plus faibles rendements. La présence de ces deux associations culturales en tête de liste confirme l'existence d'une interaction positive entre les différents facteurs étudiés (travail du sol et association culturale). Le rendement du traitement 2 (scarifiage, sorgho pur) enregistre une faible quantité en dessous du rendement moyen obtenu dans l'étude avec 2437 kg/ha. Les traitements 3 (labour, sorgho+arachide) et 8 (scarifiage, sorgho+crotalaire) ont également des rendements inférieurs à la moyenne. Ces traitements ne montrent pas de différence significative entre eux. En définitive, le traitement témoin (labour, sorgho pur) produit un rendement de 3000 kg/ha supérieur à celui de tous les autres traitements excepté le traitement 5 (labour, sorgho+mucuna). En scarifiage les rendements des associations sorgho + mucuna et sorgho + crotalaire sont supérieurs à celui du sorgho cultivé en pure.

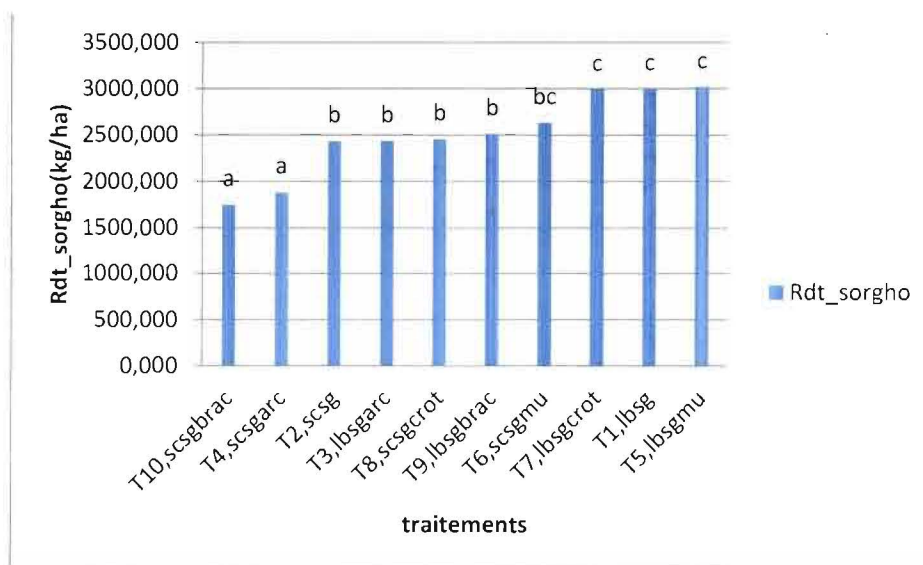


Figure 11 : rendement (kg/ha) du sorgho selon les traitements

Lb= labour, sc= scarifiage, sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide. Rdt : rendement ; a, b, c classes de rendement selon le test de Newman et Keuls ; les rendements surmontés de la même lettre ne sont pas différents significativement.

3.1.2.2 Les effets du travail du sol sur la production du sorgho

Le test de *Student-Newman-Keuls* a permis de déterminer les moyennes et les différences existantes entre ces modes de travail du sol. On observe des différences significatives ($P < 0.05$) entre le labour et le scarifiage : les rendements obtenus au niveau du labour sont meilleurs par rapport à ceux observés en scarifiage. Cette analyse montre que le facteur travail du sol a une action significative sur les traitements. Le rendement en grains de sorgho le plus important (3022 kg/ha) a été obtenu avec le labour. La plupart des récoltes faites sur les parcelles labourées offrent un rendement grain supérieur à celui des parcelles scarifiées. En témoigne, la moyenne de rendement de sorgho grain qui est de 2794 kg/ha en labour et de 2232,3 kg/ha en scarifiage. Ainsi le travail du sol a une influence sur le rendement grain du sorgho.

3.1.2.3 Les effets de l'association culturale selon le travail du sol

L'association culturale sorgho mucuna présente le plus fort rendement grains en sorgho parmi les traitements. Son rendement est légèrement supérieur à celui obtenu en culture pure et cela quelque soit le mode de travail du sol (labour et scarifiage). Le rendement sorgho grain est respectivement en labour et en scarifiage de 3022 kg/ha et 2633 kg/ha de sorgho grain lorsque la culture principale est associée au mucuna. De même, on obtient des rendements de 3000 kg/ha (labour) et 2437 kg/ha (scarifiage) pour le sorgho en culture pure. L'association sorgho crotalaire présente un rendement meilleur à celui de la culture pure spécifiquement sur les parcelles scarifiées, avec 2458 kg/ha. La différence entre les rendements des associations culturales sorgho + mucuna, sorgho + crotalaire et la culture pure n'est pas significative pour les parcelles ayant subi le même mode de travail du sol. Les associations sorgho + brachiaria et sorgho + arachide présentent les rendements les plus faibles quelque soit le travail du sol.

3.1.2.4 Rendements paille

L'analyse de variance dénote des différences hautement significatives entre les quantités de paille du sorgho lors de la récolte ($F_{pr} < 0.019$). Les rendements de paille les plus importants s'observent au niveau des traitements qui ont enregistré des rendements les plus élevés en grain de sorgho tels que le traitement 5 (labour, sorgho + mucuna) soit 10562,5

kg/ha et le traitement 7 (labour, sorgho+ crotalaire) avec 10333,3 kg/ha. Ces rendements sont supérieurs à ceux des cultures pures qui sont de 8454,2 kg/ha pour le scarifiage et 9975 kg/ha pour le labour. De même, les rendements pailles les plus faibles ont été notés dans les traitements où le rendement grain a été également faible.

La figure 12 présente ainsi les différentes quantités de paille des traitements. Le rendement moyen de la paille de sorgho est de 8574,5 kg/ha. Ainsi en comparaison avec le système conventionnel l’augmentation du taux de la paille se démarque uniquement pour les deux traitements (T5 et T7), avec 3,6 à 5,9 % en plus. Malgré un travail de sol identique à celui cité pour les meilleurs rendements la tendance inverse d’où une baisse du taux de la paille est observée lorsque l’association culturale concerne le brachiaria (traitement 9) et l’arachide (traitement 3). En culture pure les quantités de paille ne diffèrent pas considérablement entre elles quelque soit le type de travail du sol. Les rendements paille de sorgho sont moyens sur les parcelles scarifiées et varient légèrement selon l’association culturale.

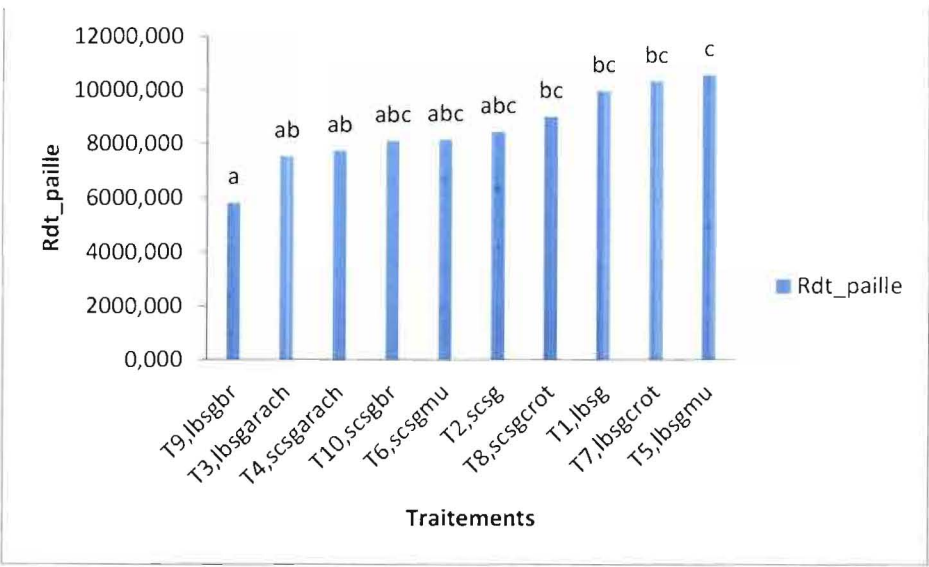


Figure 12 : Rendement paille sorgho (kg/ha) selon les traitements.
 Lb= labour, sc= scarifiage, sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide.
 Rdt = rendement ; a,b,c classes de rendement selon le test de Newman et Keuls

3.1.3 Temps de travaux

L'analyse de variance des temps de travaux montre une différence hautement significative selon le test de Student-Newman-Keuls. On note les temps de travaux les plus élevés pour le traitement 10 (scarifiage, sorgho+brachiaria) avec 115,5 hj/ha (figure 13). Les traitements 1 (labour, sorgho pur) et 2 (scarifiage, sorgho pur) demandent moins de main-d'œuvre pour l'exécution des opérations agricoles. Les techniques conventionnelles indiquent de faibles temps de travaux en dépit du long temps utilisé pour le labour des parcelles. La plupart des parcelles scarifiées donnent des temps de travaux plus élevés que les parcelles labourées malgré le gain de temps réalisé lors de la préparation du sol dans les traitements avec scarifiage.

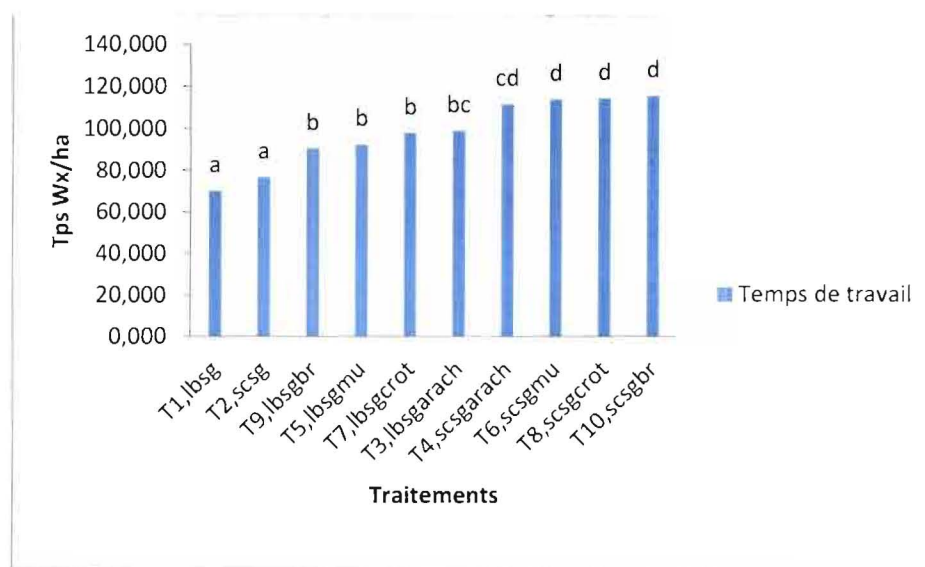


Figure 13: Total temps de travaux par traitement.

Légende : Tps= temps, wx= travaux, Hj : homme jour ; a, b, c, d classes de temps de travail selon le test de Newman et Keuls. Lb= labour, sc= scarifiage, sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide.

3.1.4 La détermination de l'enherbement

Les plantes de couverture lorsqu'elles sont associées à la culture principale étouffent les mauvaises herbes et inhibent leur impact sur les cultures. Quelque soit le traitement les moyennes n'indiquent que moins de 25% de la surface recouverte de mauvaises herbes. Ainsi le mucuna par sa volubilité est réputée la plus efficace dans la lutte contre le

adventices avec une notation moyenne de 1,2 (Tableau 2). L'association sorgho/brachiaria enregistre également un faible taux d'enherbement, soit 1,2 en scarifiage et 1,3 en labour. Par ailleurs on note les plus forts taux d'enherbement en culture pure avec une notation de 1,7 en labour et de 1,9 en scarifiage. On conclut ainsi un fort taux d'enherbement sur les parcelles scarifiées et cela est dû à la précocité d'infestation de ces parcelles après la préparation du sol.

Tableau 2 : Le taux d'enherbement selon les traitements(%)

Traitement	semis	15jas	30jas	45jas	70jas	récolte	Moyenne
lbsg	5	5	5	5	25	25	15
scsg	5	5	25	25	5	5	23
lbsgarach	5	5	5	5	5	5	5
scsgarach	5	5	5	25	5	5	6
lbsgmu	5	5	5	5	5	5	5
scsgmu	5	25	5	25	5	5	7
lbsgcrot	5	5	5	25	5	5	6
scsgcrot	5	5	5	5	25	25	7
lbsgbr	5	5	5	25	5	5	6
scsgbr	5	5	5	5	5	5	5

Jas :jour après semis, lb= labour, sc= scarifiage, sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide.

3.1.5 Performances économiques

Des calculs des indicateurs sont faits pour évaluer la performance économique des différents traitements ramenée à une superficie de un hectare. Le Tableau 3 donne un récapitulatif des performances économiques des différents traitements.

Tableau 3 : Récapitulatif des calculs économiques.

traitements	lbg	scsg	lbgarach	scsgarach	lbgmu	scsgmu	lbgcrot	scsgcrot	lbgbr	scsgbr
Rdt sorgho (kg/ha)	3000	2437	2441	1885	3022	2633	2994	2458	2513	1750
PB sorgho(Fcfa/ha)	525000	426475	427175	329875	528850	460775	523950	430150	439775	306250
Cl(Fcfa/ha)	53200	53200	53200	53200	53200	53200	53200	53200	53200	53200
Temps de travail(Hj/ha)	70,15	76,84	98,9	111,83	92,3	113,83	97,89	114,25	90,39	115,47
VAB	471800	373275	373975	276675	475650	407575	470750	376950	386575	253050
Vw	6725,59	4857,82	3781,34	2474,07	5153,3	3580,56	4808,969	3299,34	4276,75	2191,478
RVC	9,86842	8,01645	8,02961	6,20066	9,94079	8,66118	9,848684	8,08553	8,26645	5,756579

Légende : T=traitement Rdt=rendement ; PB= produit brut ; Cl= consommation intermédiaire ; RVC= ratio vente sur coût ; Vw = valorisation du travail ; VAB= valeur ajoutée brute.

lb= labour ; sc= scarifiage ; sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide.

3.1.5.1 Produit brut (PB) et marge brute (MB)

Les valeurs du produit brut et de la marge brute des différents traitements sont représentées dans la figure 14. Les calculs ont été faits sans qu'on tienne compte de la production grain des plantes de couverture. Les systèmes associant les principes de l'agriculture de conservation et de manière générale les traitements avec association culturale font ressortir les plus importants indicateurs. Le traitement 5 (labour ; sorgho+mucuna) présente un produit brut proche de celui du traitement 1 (Labour ; sorgho pur) considéré comme le traitement témoin. Il est d'une valeur de 528850 F CFA/ha d'où une augmentation de 0,73 %. Le traitement 10 (scarifiage ; sorgho+brachiaria) a la performance la plus faible avec un produit brut de 306250 F CFA/ha, soit un écart de 41,7 % par rapport au témoin.

La valeur ajoutée brute rapportée à l'unité de surface consacrée à un système de culture a permis de savoir quelles sont les productions qui valorisent le mieux les surfaces disponibles. Les résultats des valeurs ajoutées respectent le même ordre comparés aux produits bruts obtenus.

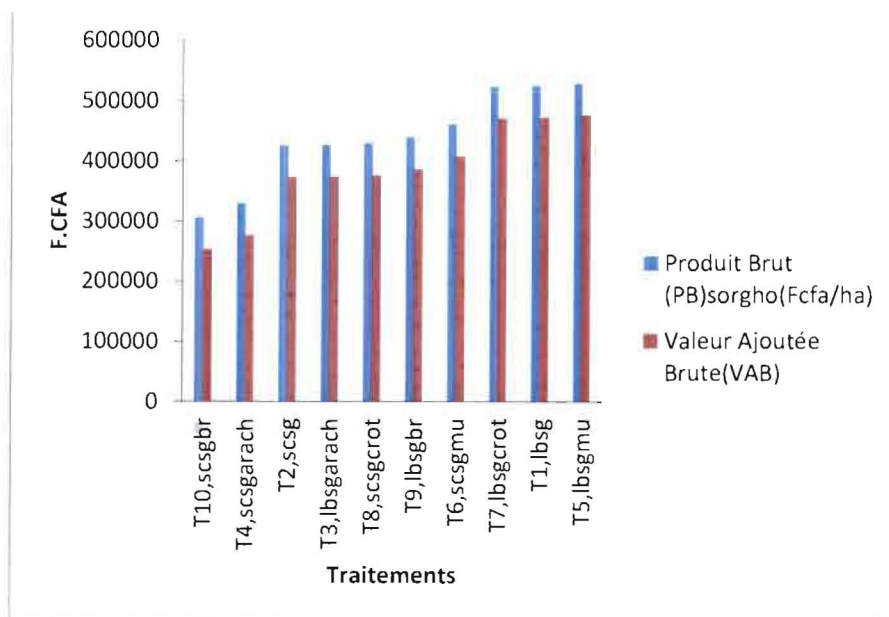


Figure 14 : Produit brut et Valeur ajoutée des différents traitements.

Lb= labour, sc= scarifiage, sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide.

3.1.5.2 Ratio vente sur coût (RVC)

L'analyse de la Figure 15 permet de confirmer l'efficacité du traitement 5 qui prend en compte les principes pronés par l'agriculture de conservation. Ce système présente un RVC de 9,94. Cette valeur est suivie du traitement conventionnel soit 9,86. Ainsi les tendances restent identiques à celles de la Figure 14.

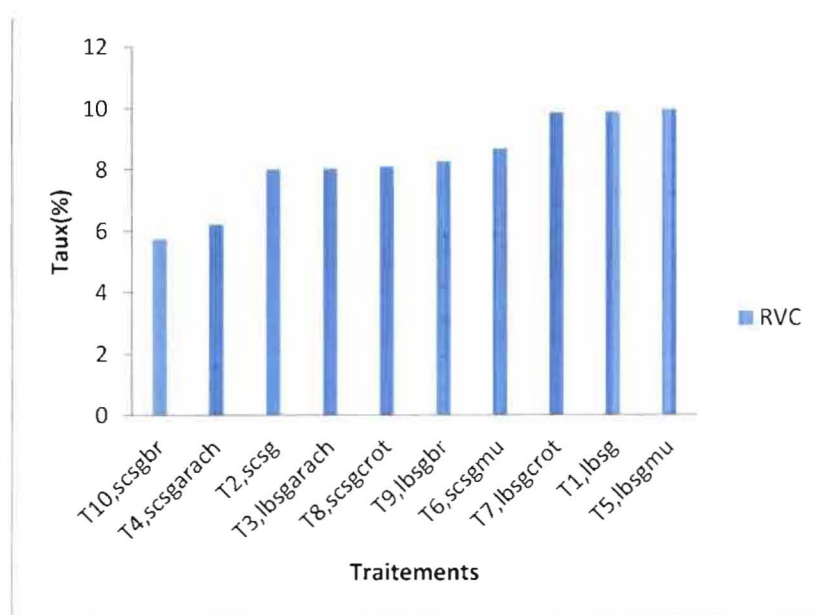


Figure 15: comparaison des Ratio vente sur coût (RVC) des traitements.

Lb= labour, sc= scarifiage, sg=sorgho; mu = mucuna; crot = crotalaire; br= brachiaria; arach = arachide.

3.1.5.3 Valorisation du temps de travail

Le traitement 5 (labour, sorgho+mucuna) a permis un gain de 5153,3 FCFA par jour (8h) par un homme adulte. Le traitement témoin lui octroierait 6725,59 FCFA, ce qui correspond au meilleur résultat du fait de son temps de travail inférieur. Le traitement 10 (scarifiage ; sorgho+brachiaria) est celui où le temps de travail est le moins valorisé, avec une valeur de seulement 2191,5FCFA.

3.1.6 Appréciation paysanne des traitements

Les avis et les appréciations des paysans sont entendus sur les différents systèmes testés. Les appréciations peuvent diverger d'un paysan à l'autre selon l'intérêt et les références technico-économiques personnelles. Néanmoins, les discussions de groupe peuvent permettre de mettre en évidence les appréciations générales et les grandes tendances.

3.1.6.1 Le mode cultural

La culture pure est la moins appréciée par les paysans vu les multiples avantages que l'association des cultures présentent sur les aspects agronomiques et économiques (Tableau 4). Les raisons de cette adoption sont l'optimisation de l'espace et la diversification de la production. L'intérêt est mentionné avec la réduction de l'érosion et une conservation de l'humidité du sol. La diversité des cultures par l'association culturale apporte au sol des éléments capables d'augmenter sa fertilité et limitent par un effet d'écran les risques d'infestation. La couverture du sol crée une pression sur les adventices qui se retrouvent dans de mauvaises conditions de développement.

Les difficultés d'entretien et la demande souvent accentuée d'engrais ressortent comme les contraintes établies par l'association culturale. Ces difficultés sont marquées lors du sarclage qui nécessite plus de précautions avec les cultures entrelacées aux adventices. Les avantages présentés par la culture pure sont moindres que les inconvénients. L'intérêt le plus incitant est la facilité des travaux d'entretien. Cela est dû à l'absence des cultures en association ; les zones d'intervention sont dégagées et le sarclage devient donc moins laborieux. On a ainsi un temps de travail réduit. L'évapotranspiration est accentuée sur les parcelles de culture pure ainsi que les mauvaises herbes qui conquièrent les interlignes.

Tableau 4 : avantages et inconvénients de la culture pure et de l'association culturale cités par les paysans.

	Culture pure	Association culturale
Avantages	-sarclage facile -meilleure production de la culture	-optimisation de l'espace -diversification de la production -protection du sol contre l'érosion -conservation de l'humidité du sol -fertilise le sol -limite les risques d'infestation
Contraintes	-évaporation de l'eau -moins de revenus -infestation par les adventices	-demande plus d'engrais -difficulté d'entretien

3.1.6.2 Les modalités d'association culturale.

L'appréciation générale des producteurs attribue la première place à l'association sorgho arachide. Le sorgho associé au mucuna est classé à la troisième place, précédé par l'association sorgho + brachiaria. Le sorgho et la crotalaire est l'association la moins préférée par les producteurs. Les raisons de cette dépréciation sont surtout la non valorisation de la culture à la récolte.

3.1.6.3 Le Travail du sol

Il a été reconnu à l'unanimité l'efficacité du scarifiage comme le travail du sol le plus efficient sur le long terme bien que son adoption soit remise en cause. Les producteurs optent pour l'application du labour en tenant compte des inconvénients lui ayant été attribués (érosion hydrique, mauvais gestion des adventices etc.).

3.1.6.4 *Le Labour*

Les appréciations accordées au labour sont la facilité des opérations de semis et d'entretien, une bonne levée et une croissance rapide des plantes ; un taux faible de concurrence entre les cultures entraînant l'amélioration du rendement. Le labour a, en général, un effet bénéfique dès le début du cycle de la culture, avec des différences qui atteignent leur maximum au moment de la montaison des céréales. Il a été cité de nombreuses contraintes ayant rapport avec les parcelles en labour. Il s'agit de l'érosion hydrique due au ruissellement et l'effet de l'énergie cinétique de l'eau accentuée sur les sols remués. La pratique du labour entraîne une mauvaise levée en cas de forte pluie et de succession de pluies refroidissant le sol. Un seuil de température est déterminant pour les plantes. Les paysans ont aussi signalé le développement important des mauvaises herbes lors du labour.

3.1.6.5 *Scarifiage*

Les producteurs ont observé sur les parcelles scarifiées une meilleure infiltration de l'eau et une bonne conservation de l'humidité du sol. Cela s'explique par le fait que la structure du sol (pores) a été moins perturbée par le travail du sol. Les pores sont restés presque intacts et le sol sans semelle de labour ni croûte de battance. Contrairement au scarifiage, sous l'effet de la pluie, la surface d'un sol labouré peut passer d'un état poreux à un état compact, formant une croûte de battance qui diminue la vitesse d'infiltration et favorise le ruissellement et l'érosion.

Les effets négatifs du scarifiage ont été notés par les producteurs, il est question de l'infestation précoce des parcelles par les mauvaises herbes. A cela s'ajoute la pénibilité des travaux d'entretien dû au non retournement du sol. Les avantages et les contraintes relatifs au labour et au scarifiage sont énoncés dans le tableau 5.

Tableau 5: Avantages et contraintes liés au scarifiage et au labour cités par les paysans.

	Labour	Scarifiage
Avantages	-bonne levée des cultures -croissance rapide des plantes -diminue la concurrence entre les cultures -entretien facile	-meilleure infiltration de l'eau -bonne levée des cultures -conservation de l'humidité -diminue le ruissellement de l'eau
Inconvénients	-provoque l'érosion hydrique -entraîne une mauvaise levée en cas de forte pluie -développement des mauvaises herbes -mauvaise levée en cas de succession de pluie (car le sol se refroidit ; une température idéale est déterminante pour la qualité et le rendement des cultures)	-infestation précoce des mauvaises herbes -temps de travaux d'entretien élevé

3.1.6.6 Difficultés liées à la pratique du scarifiage

A la question des difficultés liées à la pratique du scarifiage les producteurs ont évoqué la non maîtrise de la technique (lignes de semis mal effectuées). En outre, ils ont souligné le manque de matériels (exemple : la dent IR) et d'animaux de traits pour les différentes opérations de scarifiage. Ce dernier cas n'est pas exclu pour les opérations de labour. Ces raisons expliquent en partie la faible adoption de ce mode de travail du sol ; mais le fait qu'il ne soit pas vulgarisé auprès des producteurs peut en être une autre. Peu sont les producteurs familiers de cette pratique. Les producteurs ont souligné que le scarifiage est difficilement réalisable ou du moins pas adapté pour les sols sableux et les sols des bas-fond. Ils pensent que les sols gravillonnaires seraient plus adaptés à cette pratique. Au vu de tous ces aspects le labour reste le travail du sol le plus adopté par les producteurs.

3.2 DISCUSSION

3.2.1 Analyse des effets du travail du sol sur l'état hydrique du sol

Les résultats obtenus suite à l'évaluation du taux d'humidité des parcelles labourées et scarifiées déterminent l'effet des techniques de travail du sol sur son état hydrique. L'humidité du sol étant relative à l'infiltration et au dessèchement, on peut déduire que le labour n'a pas favorisé l'infiltration de l'eau dans le sol mais surtout a précipité son dessèchement. Les investigations de Hamza, et *al.*, (1991) ont montré que le labour crée au niveau du sol des discontinuités subhorizontales qui freinent l'infiltration verticale de l'eau et entraînent la meilleure imbibition en eau, mais aussi le dessèchement le plus élevé. Le scarifiage par le non retournement du sol permet une plus grande vitesse d'infiltration de l'eau et le travail superficiel assure le dessèchement du sol le plus faible. A cela on peut ajouter les résultats obtenus sur les bilans hydriques à la sonde à neutrons, au Burkina Faso, au Sénégal et en Côte d'Ivoire qui ont montré, malgré une grande variabilité des résultats, que les consommations en eau sont légèrement plus fortes en présence d'un labour, du fait d'un plus grand développement végétatif (Chopart et Nicou, 1976; Chopart, 1994). Aussi une des conséquences directes de cette plus grande consommation, liée à une meilleure interception racinaire de l'eau, est une réduction des flux de drainage. L'efficacité de l'eau consommée est légèrement améliorée, au moins lorsque l'on considère la production de matière sèche totale pendant la première moitié du cycle (Chopart, 1994).

3.2.2 Analyse des effets spécifiques du travail minimal du sol

Le mode de préparation du sol peut influencer la conduite d'une culture de la germination à la récolte. Ce résultat peut expliquer le fait que le labour influence positivement les paramètres de production. Différents travaux menés au Sénégal et en Côte d'Ivoire par Vauclin et Chopart (1992) ont montré que le labour à la charrue a pour effet immédiat d'améliorer la perméabilité de la surface du sol. Toutefois, cet effet est dépendant de la qualité du travail et disparaît rapidement (Chopart, 1994). Le labour par rupture du front capillaire et en tuant les mauvaises herbes stoppe ou réduit l'évaporation. Les rendements obtenus en scarifiage sont inférieurs comparativement à ceux du labour.

Cependant le labour est remis en question pour des causes écologiques (contribution à l'émission de gaz à effet de serre, érosion, perturbation de l'équilibre écologique du sol) et économiques (hausse de la main d'oeuvre, augmentation du temps de travail). Le labour détruit l'humus et les complexes argilo-humiques, favorisant ainsi l'exposition et le lessivage du sol.

Le scarifiage devient alors une alternative présentant des intérêts d'ordre écologique (amélioration de la fertilité du sol et plus particulièrement de la fertilité biologique), environnemental (prévention de l'érosion) et économique (réduction des temps de travaux). Son temps de travail n'étant pas occupé par le labour, l'agriculteur a plus de sécurité pour réaliser son travail dans les conditions optimales. En adoptant le scarifiage le lessivage est limité et l'asphyxie des sols est réduite. Le labour a à court terme l'avantage d'impacter positivement la production. Pour que tous les paramètres du travail minimal du sol rentrent effectivement en jeu il est nécessaire de se résigner sur une durée minimum de 3 ans avant son édification. Avec l'adoption des techniques de conservation des sols, la structure du sol se modifie progressivement pour atteindre un profil cultural continu après quelques années. Les changements de la stabilité de la structure peuvent être détectés dès deux à trois ans après le changement de pratiques culturales ; l'équilibre est atteint en trois années seulement (Guerif, 1991). Le passage du labour au scarifiage nécessite une certaine durée pour l'installation des composantes relatives à ce nouveau système. Ce dernier affecte fortement le régime hydrique des sols en influant sur l'amélioration de l'infiltration, une bonne utilisation par la plante de l'eau stockée, une réduction de l'évaporation et la conservation de l'eau du sol.

3.2.3 Analyse des effets spécifiques de l'association culturale

Les associations sorgho/mucuna et sorgho/crotalaire ont abouti à l'augmentation de la matière sèche du sorgho. La culture associée sorgho/mucuna apporte 10% de rendement supplémentaire en terme de matière sèche totale de sorgho par rapport à une surface en culture pure ; affirmation faite par Segda et *al.*, (1998).

Les rendements grains de sorgho obtenus en association sorgho + mucuna sont équivalents à ceux des surfaces en culture pure. Cela va à l'encontre des travaux entrepris

par Segda *et al.*, (1998) qui ont déduit que l'association des légumineuses avec les céréales entraîne une diminution du rendement grains des céréales de 9 % pour le sorgho quand elles sont associées au mucuna, en comparaison avec des surfaces en culture pure. La consommation de l'eau du sol et de ses éléments nutritifs est relative à la morphologie et le fonctionnement des racines des plantes. Selon les types d'associations, on peut observer des variabilités au niveau des prestations des dites racines.

3.2.4 Analyse des effets combinés du travail du sol et de l'association culturale

La combinaison du scarifiage et de l'association culturale n'a pas engendré l'augmentation du rendement du sorgho. Le travail minimal du sol étudié (scarifiage) présente des insuffisances sur la technicité et sur les paramètres liés à la transition. A cela s'ajoute les lacunes dues au délai de l'amélioration de la fertilité favorisée par les plantes de couvertures. Ainsi les rendements et les indicateurs économiques sont influencés négativement par ces insuffisances. La combinaison du labour et des plantes de couverture a conduit à une bonne production.

3.2.5 Valorisation du temps de travail

Les traitements avec association des cultures ont des temps de travaux les plus élevés par rapport à ceux en culture pure. Les cultures placées en interligne contrarient la réalisation des opérations culturales (sarclage, application d'engrais) et rallongent les temps d'exécution. En général les cultures associées causent des difficultés d'entretien qui augmentent le temps de réalisation des opérations. Les producteurs sont obligés de réaliser certaines opérations telles que le sarclage à la main afin d'épargner les cultures utiles. Les parcelles scarifiées étant les plus infestées, contribuent à une perte de temps lors des opérations de sarclages. Cette infestation est due au fait que pendant la transition du système conventionnel vers l'agriculture de conservation, les niveaux d'infestation adventices restent élevés (Triomphe *et al.*, 2007)

Le travail minimal du sol permet dans un premier temps d'économiser du temps. Ce gain est très dépendant du niveau de simplification en comparaison à la situation de départ et sera toujours plus important en terres lourdes qu'en terres légères (Thomas F., 2006). Il se traduit en économie que si une partie du temps dégagé est valorisée par ailleurs. La

disponibilité du temps permettra donc d'observer et suivre au mieux ses cultures et son sol, d'échanger, de s'informer et de se former.

3.2.6. Analyse des paramètres technico-économiques

De façon générale les traitements ayant bénéficié de bonnes couvertures du sol (sorgho+mcuna) ont présenté les rendements plus élevés. Ces résultats vont à l'encontre de certains auteurs qui présument que l'association d'une légumineuse à une céréale conduit à une baisse de rendement de cette dernière. Le rendement a été meilleur avec le travail du sol le plus profond et celui retournant le sol. Le travail minimal du sol n'a pas été plus efficace du fait de l'obligation de résignation sur une durée de 3 ans avant l'installation des paramètres physiques, biologiques et chimiques du sol (Guerif, 1991). De faibles rendements en scarifiage sont entre autre liés à ces raisons citées précédemment. L'interaction labour, sorgho + mucuna déduit un rendement plus important que celui des autres systèmes. Les conditions favorables aux cultures immédiatement engendrées par la technique du labour sont à la base de tels rendements. Les rendements paille ont été supérieurs auprès des traitements ayant présenté les rendements grains les plus élevés.

Les parcelles scarifiées sont restées les plus infestées soit 8 % de plus que celles labourées. Le niveau d'infestation reste important lors de la transition de l'agriculture conventionnel à l'agriculture de conservation. Cela a conduit à une grande demande en main d'œuvre pour les parcelles scarifiées malgré le gain de temps obtenu lors des travaux superficiels du sol. Le scarifiage a engendré un surplus de temps de 18% par rapport au labour. Les temps de travaux demeurent inférieurs pour les systèmes en association culturale. Les cultures associées ont contribué à réduire le taux d'enherbement de 37 % par rapport aux cultures pures.

Conclusion générale et recommandations

Notre étude ayant pour objectif d'analyser les effets conjugués entre le mode de travail du sol et l'association culturale sur la production du sorgho, la combinaison du labour et de l'association culturale a favorisé une hausse de rendement du sorgho avec 3022 kg/ha (sorgho+mucuna) comparé à celui obtenu en culture pure sur labour avec 3000 kg/ha. Ces rendements sont statistiquement identiques d'où une différence presque inexprimée pour ces deux traitements. Les rendements du sorgho enregistrés au niveau des autres associations culturales sont respectivement de plus en plus faibles par rapport à celui de la culture pure. Globalement, l'interaction association culturale et labour entraîne une hausse du rendement sorgho tandis que c'est plutôt une faiblesse de rendement qui est notée dans les systèmes scarifiage + association culturale.

La production du sorgho est supérieure lorsqu'il est associé à des cultures de familles distinctes que lorsqu'il est en culture pure. Ce résultat confirme l'hypothèse qu'en culture associée, la concurrence est plus forte lorsque les plantes en présence appartiennent à la même famille. Par ailleurs, la comparaison des résultats des différents traitements et les appréciations paysannes montrent globalement que les rendements sont plus élevés avec le labour qu'avec le scarifiage. La production du sorgho varie plus en fonction du mode de travail du sol que du type de plante de couverture du moment où le même ordre est pratiquement maintenu selon la compagnie du sorgho pour son rendement qu'il s'agisse du labour ou du scarifiage. Le labour ne permet pas forcément de stocker plus d'eau mais devient plus bénéfique à la production du sorgho que le scarifiage.

Les avis et expériences collectés lors du focus group furent d'un grand intérêt, venant ainsi valider les résultats obtenus par l'étude. Malgré les résultats intéressants des associations culturales à faible rentabilité économique de la culture secondaire (mucuna, crotalaire), les producteurs sont peu à vouloir de leur adoption. Ils préfèrent des cultures qui peuvent contribuer directement à l'amélioration de leur sécurité alimentaire et de leurs revenus monétaires. C'est la raison principale qui explique leur préférence pour l'arachide. En plus cette plante ne provoque pas la verse de la culture principale contrairement au mucuna. D'énormes difficultés sont liées au scarifiage telles que la non maîtrise de la technique, le

manque de matériels et un faible taux de vulgarisation de la pratique auprès des producteurs qui sont restés fidèles au labour.

Suite à la pratique des principes de l'agriculture de conservation, les contraintes occasionnées suscitent des réflexions afin de les réduire et de valoriser les performances de l'Agriculture de Conservation. Les solutions envisagées doivent tenir compte des réalités des producteurs pour rester pertinentes.

Pour mieux valoriser les principes de l'Agriculture de Conservation et apporter des solutions aux problèmes de sa mise en œuvre les investigations doivent continuer en recherchant un système évoluant vers un travail minimal du sol ou nul avec une couverture du sol. Nous suggérons donc de :

- Continuer l'expérimentation afin de consolider les résultats obtenus, permettre l'installation des paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol occasionnée par les principes de l'agriculture de conservation.
- Renforcer la sensibilisation des producteurs sur les différents usages des plantes de couverture, y compris leur rôle potentiel dans l'amélioration des propriétés du sol.
- Tester de nouveaux traitements envisageant toutes combinaisons entre les différents principes étudiés. On pourra combiner aux systèmes déjà étudiés le paillage permettant de comparer tous les systèmes possibles y compris des traitements correspondant à l'agriculture de conservation avec ses trois principes fondamentaux.
- Des subventions et des programmes de crédit pour l'achat d'outils adaptés peuvent jouer un rôle moteur dans l'adoption de l'agriculture de conservation notamment par les petites agricultures familiales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ashburner J., Djamé P., Triomphe B., Kienzle J., Maraoux F. 2005. Regards sur l'agriculture de conservation en Afrique de l'ouest et du centre et ses perspectives Contribution au 3ème Congrès mondial d'agriculture de conservation, Nairobi, Rome: FAO, X-101 p.

Bacaye B., 1993. Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de Doctorat en sciences, université de Droit. (Document ORSTOM Montpellier ; 93/6). Th., Univ. Aix-Marseille 3. 243p.

Badeau V., & Ulrich E., 2008. Etude critique de faisabilité sur : la comparabilité des données météorologiques « RENECOFOR » avec celles de Météo France, l'estimation de la réserve utile en eau du sol et le calcul des volumes d'eau drainée en vue du calcul de bilans minéraux sur les placettes du sous-réseau CATAENAT. Editeur : Office National des Forêts, Direction Technique et Commercial Bois, ISBN 978 – 2 – 84207 – 323 – 7, 108 p. et 166 pages annexes.

Belemviré A., Maiga A., Sawadogo H., Savadogo M., Ouedraogo S., 2008. Evaluation des impacts biophysiques et socioéconomiques des investissements dans les actions de gestion des ressources naturelles au nord du plateau central du Burkina Faso. Rapport de synthèse Etudes sahel Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso : Comité permanent inter-états pour la lutte contre la Sécheresse au Sahel, 94p.

Billaz R., Hien V., Segda Z., Traoré K., 2001. Systèmes de culture permanente à jachère de courte durée en zone tropicale. In Ch. Floret et R. Pontanier (Eds.sc.), *La jachère en Afrique tropicale*, John Libbey Eurotext, Paris, pp 241-263.

Capillon A. & Séguy L., 2002. Ecosystèmes cultivés et stockage du carbone. Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale, *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture Française*, 88, 63-70.

- Carsky R J., Tarawali S A., Beckeer M., Chikoye D., Tian G., and Sanginga N., 1998.** Mucuna herbaceous cover legume with potential for uses. Ressource and Management Research Monograph No. 25. Internatioal institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 52 pp
- Casta P., Chopart J.L., Janeau J.L. & Valentin C., 1989.** Mesure du ruissellement sur un sol gravillonnaire de Côte d'Ivoire après six ans de culture continue avec ou sans labour. *L'Agronomie Tropicale* 44-4: 255-262 p.
- Chabierski S., Penot E., Husson O., Dabat M.H., Andriamalala H. & Domas R., 2008.** Determinants of DMC technologies adoption among smallholders in the Lake Alaotra area, Madagascar, in Regional workshop on conservation agriculture, Phonsavanh, Lao PDR, 17p.
- Charreau C., 1969.** Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance. *L'Agronomie Tropicale* 29 (9): 836-847p.
- Chevrier A. & Barbier S., 2002.** Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols : Création d'un référentiel et premiers résultats. Institut National de la Recherche Agronomique de Versailles-Grignon. Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable, 96p.
- Chopart J.L., & Nicou R., 1976.** Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquences sur leur alimentation hydrique. *L'Agronomie Tropicale* 31 (1): 7-28.
- Chopart, J.L. 1994.** Techniques de gestion du sol et alimentation hydrique des cultures annuelles *tropicales*. Rapport de fin de contrat CEE DGXII. CIRAD CA, BP 5035 34032 Montpellier France, 77 p.
- Da S. J. B., 2011.** Analyse des indicateurs paysans d'appréciation des systèmes d'agriculture de conservation. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du développement rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 45p.
- Dauvergne S., 2008.** La mobilisation d'indicateurs pour l'évaluation de la soutenabilité de l'Agriculture. Université de Saint Quentin en Yvelines. Master

Recherche Economie et Gouvernance des Territoires et de l'Environnement, spécialité Développement Soutenable et Intégré. 57p.

De Tourdonnet., Carof M., Saulas P., 2003. A contribution to the development of cropping systems with permanent cover crop in open fields in France, *Proceedings of the second World Congress on Conservation Agriculture*, Iguassu Falls (Brazil), pp. 262-265.

Dembelé Y., Somé L., 1991. Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. *INERA, 03 BP 7192, Ouagadougou 03, Burkina Faso*.227p.

Derpsch R., 2007. No-tillage and conservation agriculture : a progress report in Goddard T., Zoebish M., Gan Y., Ellis W., Watson A., Sombatpanit S. (eds) *No-till farming systems*. WASWC, special publication n°3, pp 7-42

DGPSA., 2005. Dimension alimentaire de la pauvreté au Burkina Faso. www.agriculture.gov.b . consulté le 17/11/2012.

Diarra A., Diouf R. M., 2008. Identification des besoins en transfert de technologie dans le secteur de la foresterie et de l'agroforesterie. Projet SEN/97/G31 : Activités habilitantes pour les changements climatiques phase II. 32 p.

Diarra B., 1991. Suivi hydrique des cultures au Mali, Soil Witter Balance in the Sudano-Sahelian Zone (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991). IAHS Publ. no. 199,1991.

Djamen N. P., Dugué P., Mkomwa S., Da S. J. B., Essecofy G., Bougoum H., Zerbo I., Ganou S., Andrieu N., Douzet J-M., Conservation Agriculture in West and Central Africa in : A Jat R., Sahrawat L. K., Kassam A., (eds.), *Conservation Agriculture: Global Prospects and Challenges*. CAB International, UK (*in press*).

Djamen N.P., Maraoux F., Ashburner J., Triomphe B., Kienzle J., 2005. L'agriculture de conservation en Afrique francophone de l'ouest et du centre: état des lieux, enjeux et défis. In: Regards sur l'agriculture de conservation en Afrique de l'ouest et du centre et ses perspectives. CIRAD, AFD, FFEM, FIDA, FAO, Rome, pp. 63–75.

Djamen P., Barro A., Lahmar R., Simporé S., 2011. Evaluation des effets de la combinaison des techniques de travail du sol et de couverture végétale sur les

caractéristiques du sol et la production agricole. Rapport final. Partenariat ACT/SCAP-INERA, Programme GRN/SP-CENTRE. 54p.

Essecofy F. G., 2011. Potentiel de développement de l'agriculture de conservation des petites exploitations agricoles familiales : étude de cas a Gori et Kompienbiga (Burkina Faso). Thèse de Master of Science. CIHEAM-IAMM. 73p.

FAO., 2010. Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. [en ligne] : [http:// www.fao.org/ag/ca/fr](http://www.fao.org/ag/ca/fr). Consulté le 10/10/2012.

FAO., 2003. Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Département du développement Durable. Rome, 61p.

FAO., 2008. *Agriculture de conservation*. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. [En ligne] URL : <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>, consulté le 15/12/2012.

Fox D., 2008. la dégradation des sols dans le monde. <http://unt.unice.fr/uoh/deqsol/DFox.php> . Consulté le 14/11/2012.

Gerald C. Nelson et al., 2009. Changement climatique : Impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires IFPRI Washington, D.C.

Guerif J., 1991. Simplification du travail du sol et évolution du milieu physique et chimique, Perspectives Agricoles, n°161, p 39-46.

Hamza M. E., Chehaibi S., Mechergui M., Bichiou H., 1991. Les effets de trois techniques du sol sur son état structural et hydrique. Institut National Agronomique de Tunisie. Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural de Medjez-El-Bab. Page 74-80.

Haougui A., 2011. Les pratiques culturales et leurs effets sur les ennemis des cultures, INRAN Niamey. Cours Master II phytotechnie, 10p. www.onide-endoqene.org/docs/doc1.pdf. consulté le 15/12/2013.

Houndékon V., Manyong V.M., Gogan C.A. & Versteeg M.N., 2007. Collaboration to increase the use of Mucuna in production systems in Benin. http://www.idrc.ca/fr/ev-31913-201-1-DO_TOPIC.html1_van_7. consulté le 26/02/2013.

Housson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., seguy L., 2008. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées pérennes. Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. <http://agroecologie.cirad.fr>. Consulté le 12/02/2013.

IIRR AND ACT, 2005. Conservation agriculture: A manual for farmers and extension workers in Africa. International Institute of Rural Reconstruction; African Conservation Tillage Network, Kenya, 251p.

INSS., 2003. Institut National des Sciences des sociétés Dynamique des populations, disponibilités en terres et adaptation des régimes fonciers : le Burkina Faso, une étude de cas p 9-14.

Kaumbutho P., Kienzle J., eds. 2007. Conservation agriculture as practised in Kenya: two cases studies. Nairobi. African Conservation Tillage Network, Centre de Coopération International de Recherche Agronomique pour le Développement, Food and agriculture. Organization of the United Nations. 109 p.

Kini J., 2007. Analyse des déterminants de l'adoption des technologies de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Université de Ouagadougou- DEA, 61p.

Labreuche J., De Tourdonnet S., Germon J.C., Ouvry J.F., Le Souder C., Castellón P., Real B., Felix I., Duval R., Galiénne J., Quere L., 2007. Synthèse des impacts environnementaux des TCSL par milieu. Assessment of the environmental impact of non-inversion tillage methods in France : ADEME, ARVALIS, Institut du végétal, INRA, APCA, AREAS, ITB, CETIOM, IFV. 400 p.

Lompo F., Bonzi M., Bado B. V., Gnankambary Z., Ouandaogo N., Sedogo P. M., Assa A., 2008. Influence à long terme des modes de gestion de la fertilité sur les états, les formes, les fractions et le bilan du phosphore d'un lixisol du Burkina en culture de sorgho. International Journal of Biological and Chemical Sciences 2, 175 – 184

Loyer D., Girard P.N., Olivier T., 2009. *Capital naturel et développement durable*, Paris, AFD-CERNA, 35p, sur <http://agroecologie.cirad.fr> .consulté le 16/01/2013.

Lutz E., Pagiola S., Reiche C., 2000. “Les coûts et les avantages de la conservation des sols en Amérique centrale et aux Caraïbes.” *La Banque Mondiale* Page : 261-278.

MAHRH, 2008. Programme nationale de sécurité alimentaire [National food security programme], 53p.

N'dayegamiye A., 2007. Le travail du sol: une importante régie agricole.39-42p.

Ouattara B., 2009. Analyse diagnostic du statut organique et de l'état structural des sols des agrosystèmes cotonniers de l'ouest du Burkina Faso (Terroir de Bondoukui). Thèse de doctorat en sciences naturelles. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Institut du Développement Rural. 186 p.

PDRD, 2009. Plan communal de développement de Guibaré 2009-2011. Direction Provinciale de l'Agriculture du Bam (Kongoussi), 108p.

Penot E., Husson O., et Racotondramanana, 2010. Les bases de calcul économiques pour l'évaluation des systèmes SCV. Manuel pratique de semis direct en Madagascar. Annexe 2, CIRAD. 28 p.

RGPH, 2006. Recensement General de la Population et de l'Habitation de 2006 du Burkina Faso- Résultats définitifs, 52p.

PNUD : Rapport mondial sur le développement humain 2005 : la coopération internationale à la croisée des chemins ; l'aide, le commerce et la sécurité dans un monde marqué par des inégalités, Economica, paris, 2005.

Segda Z., Hien E., et M. Becker. 1998. Contribution de mucuna cochinchinensis dans le contrôle des adventices et dans l'amélioration des rendements de riz pluvial. Communication présentée à la 8^{ème} conférence de l'Association Africaine de la Fixation Biologique de l'Azote (AAFBA), 23-27 novembre 1998, Capetown, Afrique du Sud.

Séguy L., 2008. Rapport de mission au Cameroun-Comment passer des TCS (*Techniques culturelles simplifiées*) actuellement très largement dominantes, aux SCV-Rééquilibrer l'exploitation agricole des grandes unités de sol de la région Nord du Cameroun. Cirad, 22p+annexes.

Séguy L., Loyer D., Richard J.F., Millet E., 2007. Sustainable soil management: agro-ecology in Laos and Madagascar., Goddard T., M. Zoebish, Y. Gan, W.

Ellis, A.Watson, S.Sombatpanit (Eds sc.). *No-Till Farming systems* WASWC, special publication n°3, pp 207-222.

Serpantié G., 2009. « L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar », *In* : Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 9, Numéro 3, [en ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/9290> , 21p. Consulté le 15/10/2012.

Simard G., 1989. La méthode du "focus group" : animer, planifier et évaluer l'action. Laval : Mondia. <http://trove.nla.gov.au/version/21208771>. 102p. Consulté le 11/11/2012.

Six J., C. Feller C., Denef K., Ogle S.M., Albrecht A., 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils. Effects of No tillage. *Agronomie*, 22, pp 755-775.

Somé L., 1989. Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse de Doctorat Spécialité: physiologie, biologie des organismes et des populations, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc.

Somé S., 1993. Effect of intercropping and tillage/residue management on plant competition for water and nutrients. 130p.

Thomas F., 2006. Techniques culturales simplifiées (TCS) et semis direct: quelles sont les marges d'économies? TCS n°36, 16p.

Triomphe B., 1999. Systèmes de culture avec plantes de couverture au Mexique et en Amérique Centrale : expériences, leçons et perspectives futures, in : *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture*, Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998, CIRAD col. Colloques, Montpellier, pp. 75-91.

Triomphe B., Goulet F., Dreyfus F., de Tourdonnet S., 2007. Du labour au non labour: pratiques, innovations et enjeux au Sud et au Nord, Nous labourons, *Actes du colloque « Techniques de travail de la terre, hier et aujourd'hui, ici et là-bas »*, R. Bourrigaud et F. Sigaut, Nantes, Nozay, Châteaubriant, 25-28 octobre 2006, Nantes, CHT, pp 371-383.

Trouche G., Da S., Palé G., Sohero A., Ouédraogo O., Gosso D., 2001. Evaluation participative de nouvelles variétés de sorgho au Burkina Faso. In : Hocdé H, Lançon J, Trouche G, eds. La sélection participative : impliquer les utilisateurs dans l'amélioration des plantes. Actes de l'atelier de Montpellier (France), 36-55pp.

Walker J.P., Willgoose G.R., and Kalma J.D., 2004. In-Situ Measurement of Soil Moisture: A Comparison of Techniques. *Journal of Hydrology*, 293:85-99. doi:10.1016/j.hydrol.20004.10.008

Willey R. W., 1979. Intercropping - its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crops Res.* 32,1-10.

ANNEXES

Annexe 1 :Fiche de suivi des cultures / Campagne Agricole 2012

African Conservation Tillage Network (ACT)

01 BP : 1607 Ouagadougou 01

« Analyse des effets de l'interaction travail du sol et culture associée sur la production du sorgho ».

Fiche N° _____

Village _____	Province _____	Région _____
Nom et prénoms du producteur :		
Age :	Sexe : masculin / féminin	Ethnie
Nombre de personnes dans l'exploitation		Nombre actifs (15 à 65 ans) :
Superficies totales cultivées (ha)	Cheptel bovin (nb têtes)	Caprins + ovins (nb têtes) :

Intitulé et bref descriptif du « test » :		
Intitulé et bref descriptif du « traitement » :		
Numéro de répétition :		
Superficie de la parcelle _____ m ²	Culture pratiquée sur cette parcelle en 2011 : _____	Production de 2011 : (kg)
Type de sol	Nom local : _____ Gravillons Sableux Argileux Zippelé :	

A/ITINERAIRE TECHNIQUE SUIVI

Travaux préliminaires (défrichement, transport paille etc.)	Oui ☐ Non ☐ travaux réalisés : _____ Date : _____ Nb de personnes : _____ Nb de min : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Paillage	Oui ☐ Non ☐ Pailles issues la campagne 2010 _____ kg Types (tiges sorgho, mil ; paille de brousse etc.) _____ Apport extérieur de pailles ? Oui ☐ Non ☐ quantité _____ kg Types (tiges sorgho, mil, pilio etc.) _____ Date : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Fumure organique	Oui ☐ Non ☐ Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Travail du sol	Labour à plat ☐ Labour en billon ☐ semis direct ☐ Zaï ☐ Demi-lunes ☐ coutrier ☐ Date réalisation travail du sol : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa

Traitement herbicide	Oui ☐ Non ☐ Nom du produit : _____ quantité utilisée _____ Date du traitement herbicide : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Semis	<u>Semis culture principale</u> Semis manuel ☐ Canne planteuse ☐ Semoir attelé de semis direct ☐ Date du semis : _____ Variété : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de pers. : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
	<u>Semis culture associée</u> Semis manuel ☐ Canne planteuse ☐ Semoir attelé de semis direct ☐ Date du semis : _____ Variété : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de pers. : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Resemis culture principale	resemis manuel ☐ Canne planteuse ☐ Semoir attelé de semis direct ☐ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa Qté semence : _____ Kg
Resemis culture associée	resemis manuel ☐ Canne planteuse ☐ Semoir attelé de semis direct ☐ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa Qté semence : _____ Kg
Application herbicide total ?	Oui ☐ Non ☐ Si oui, nom herbicide ? : _____ Quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Démariage	Oui ☐ Non ☐ Si oui à quelle date ? _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°1	Oui ☐ Non ☐ Manuel ☐ Mécanique ☐ Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Application du NPK ?	Oui ☐ Non ☐ Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°2	Oui ☐ Non ☐ Manuel ☐ Mécanique ☐ Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Application Urée ?	Oui ☐ Non ☐ Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Buttage	Oui ☐ Non ☐ Manuel ☐ Mécanique ☐ date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°3 ?	Oui ☐ Non ☐ Manuel ☐ Mécanique ☐ Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°4 ?	Oui ☐ Non ☐ Manuel ☐ Mécanique ☐ Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa

Traitement insecticide	Oui ☐ Non ☐ Si oui date ? : _____ produit utilisé _____ quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte céréale	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte culture associée /plante de couverture	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa

B. PRODUCTIONS

Après récolte et séchage complet, les productions graine et pailles de la culture principale et des cultures associées doivent être pesées et indiquées dans le tableau suivant.

	Production grains (kg)	Poids fanes / tiges (kg)
Céréale :		
Cultures associées / plantes de couverture :		

C. OBSERVATIONS

C1. Levée et développement des plantes

Paramètres à suivre	Valeur
Date de levée	
Taux de levée (%)	
Date 1 ^{ère} floraison	
Date floraison à 50%	
Date floraison à 100%	
Date maturité à 50%	
Date maturité à 100%	

C2. Evaluation de l’enherbement de la parcelle

	Date observation					
	Semis	15jas*	30jas	45jas	70jas	Récolte
Notation générale enherbement (NE)**						
Notation striga (NS)***						
Principales adventices observées						

Légende. *= jours après semis. **= Les valeurs de NE varient de 1 à 5. NE= 1, les mauvaises herbes (MH) sont très rares, taux de recouvrement du sol par les MH est inférieur à 5% ; NE = 2, 25% de la surface est recouverte de MH ; NE = 3, 50% de recouvrement ; NE= 4, 75% de recouvrement par les MH et ; NE =5, 100% du sol est couvert par les MH. *** = les valeurs de NS varient de 0 à 3. NS = 0, aucun pied de striga sur placette de 10m² ; NS = 1, très peu de striga, c’est-à-dire 1 à 2 pieds de striga / 10 m² ; NS = 2, infestation moyenne, 3 à 10 pieds de striga / 10 m² ; NS = 3, forte infestation de striga, plus de 10 pieds / 10 m²

C3. Aléas divers

On note ici tout évènement survenu pendant la campagne agricole et qui est de nature à affecter la production. C'est par exemple le cas des « poches » sécheresse, des inondations, des attaques parasitaires etc. Dans cette rubrique, on doit aussi noter les choses positives : par exemple « *très bon développement des céréales jusqu'à début août* » ; *bonne couverture du sol par la plante de couverture*. Pour chaque évènement, il est important de préciser la date/période et d'indiquer la décision qui a été prise par les producteurs.

Evènement et conséquences	Date/période	Décision prise

Autres observations :

.....

.....

.....

.....

.....

Annexe 2 : Fiche de suivis hydiques des parcelles agricoles.

« Analyse des effets de l’interaction travail du sol et culture associée sur la production du sorgho ».

traitement	répétition	profondeur	N° récipient	Poids brut terre humide	Poids brut terre sèche
TS1CL2 : Labour ; Sorgho+Arachide	I	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	II	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	III	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
TS2CL2 : Scarifiage ; Sorgho+Arachide	I	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	II	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	III	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
TS1CL4 : Labour ; Sorgho+Crotalaire	I	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	II	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	III	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			

Traitement	répétition	profondeur	N° récipient	Poids brut terre humide	Poids brut terre sèche
TS2CL4 : Scarifiage ; Sorgho+crotalaire	I	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	II	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	III	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
TS1CL5 : Labour ; Sorgho+brachiaria	I	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	II	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	III	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
TS2CL5 : Scarifiage ; Sorgho+brachiaria	I	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	II	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			
	III	0-20			
		20-40			
		40-60			
		60-80			
		80-100			

Annexe 3 : Matériels végétaux et quelques matériels physiques utilisés



Utilisation de la tarière pour l'échantillonnage du sol.



Pesage des échantillons de sol immédiatement après le prélèvement.



Parcelle de sorgho associé au brachiaria (*brachiaria sp*)



Parcelle de sorgho associé à l'arachide (*Arachis hypogaea*)



Parcelle de sorgho associé à la crotalaire (*Crotalaria sp*)



Biomasse aérienne du mucuna (*Mucuna pruriens*)