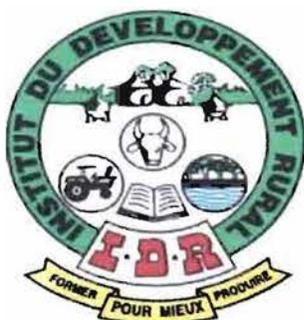


**BURKINA FASO**  
**Unité- Progrès- Justice**

**MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR**

.....  
**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO**

.....  
**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL**



**MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE**  
*Présenté en vue de l'obtention du*  
**DIPLÔME DE MASTER EN PRODUCTION VÉGÉTALE**

**THEME**

**Effets des principes de l'agriculture de conservation sur les performances des cultures en zone semi-aride : étude de cas à Yilou (province du Bam, Burkina Faso)**

Présenté par Malamine OUATTARA

**Maitre de stage :** Dr Patrice DJAMEN NANA

**Directeur de mémoire :** Dr Mamadou TRAORE

N° : ...../MaPV

**Juillet 2014**

# Table des matières

Dedicace.....	vi
Remerciements.....	vii
Sigles et abréviations.....	viii
Liste des figures .....	ix
Liste des tableaux.....	x
Liste des cartes .....	x
Résumé.....	xi
Abstract .....	xii
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Revue de la littérature .....	3
1.1 Généralités sur le travail du sol et sur les principes de l’agriculture de conservation .....	4
1.1.1 Le travail du sol.....	4
1.1.2 Les principes de l’agriculture de conservation.....	4
1.1.2.1 Définition de l’agriculture de conservation.....	4
1.1.2.2 Le travail minimum du sol .....	5
1.1.2.3 Le paillage du sol .....	5
1.1.2.4 L’association et de la rotation culturale .....	6
1.2 Les avantages et les limites de l’agriculture de conservation .....	7
1.2.1 Les avantages de l’agriculture de conservation .....	7
1.2.2 Les limites de l’agriculture de conservation .....	8

1.3 Comparaison entre l'agriculture de conservation et l'agriculture conventionnelle .....	8
Chapitre II: materiel et methodes .....	10
2.1 Présentation de la zone d'étude .....	10
2.1.1 La situation géographique .....	10
2.1.2 Le milieu physique .....	12
2.1.2.1 Le relief .....	12
2.1.2.2 Le climat et la pluviométrie .....	12
2.1.2.3 Les sols.....	13
2.1.2.4 L'hydrographie.....	13
2.1.2.5 Les ressources végétales .....	13
2.2 Méthodologie .....	14
2.2.1 Le matériel .....	14
2.2.1.1 Les outils de travail .....	14
2.2.1.2 Le matériel technique.....	15
2.2.1.3 Le matériel végétal.....	15
2.2.1.4 Les fumures.....	16
2.2.2 Le dispositif expérimental.....	16
2.2.3 Les opérations culturales réalisées .....	16
2.2.4 La collecte des données.....	17
2.2.5 La détermination du taux d'humidité de chaque échantillon (Th).....	19
2.2.6 Détermination des performances des principes.....	19

2.2.7 Calcul des performances économiques .....	20
2.2.8 L'analyse des données .....	22
Chapitre III : Résultats et discussions .....	23
3.1 Résultats .....	23
3.1.1 Effets des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol.....	23
3.1.1.1 Humidité du sol au premier prélèvement .....	23
3.1.1.1.1 Humidité du sol en fonction des traitements.....	23
3.1.1.1.2 Performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur le taux d'humidité .....	24
3.1.1.2 Humidité du sol au deuxième prélèvement.....	25
3.1.1.2.1 Humidité du sol en fonction des traitements.....	25
3.1.1.2.2 Performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur le taux d'humidité .....	26
3.1.1.3 Humidité du sol au troisième prélèvement.....	27
3.1.1.3.1 Humidité du sol en fonction des traitements.....	27
3.1.1.3.2 Performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur le taux d'humidité .....	27
3.1.2 Paramètres agronomiques des plants de sorgho.....	28
3.1.2.1 Effets des traitements sur les stades phenologiques du sorgho.....	28
3.1.2.2 Nombre de feuilles par plant (f/pl) de sorgho .....	30
3.1.2.2.1 Nombre de feuilles par plant en fonction des traitements.....	30
3.1.2.2.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le nombre de feuilles.....	30
3.1.2.3 Hauteur des plants du sorgho .....	32

3.1.2.3.1 Hauteur des plants en fonction des traitements.....	32
3.1.2.3.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur la hauteur des plants.....	33
3.1.2.4 Rendements grain et paille du sorgho .....	34
3.1.2.4.1 Rendements du sorgho en fonction des traitements.....	34
3.1.2.4.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le rendement grain .....	35
3.1.2.4.3 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le rendement paille.....	36
3.1.3 Taux d'enherbement des parcelles .....	37
3.1.3.1 Taux d'enherbement en fonction des traitements .....	37
3.1.3.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'enherbement.....	39
3.1.4 Temps de travaux .....	40
3.1.4.1 Temps de travaux en fonction des traitements.....	40
3.1.4.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur les temps de travaux.....	41
3.1.5 Paramètres économiques.....	42
3.1.5.1 Paramètres économiques en fonction des traitements.....	42
3.1.5.1.1 Le produit brut (PB) et la marge brute (MB) .....	43
3.1.5.1.2 Valorisation brute du travail (Vw) ou productivité du travail.....	44
3.1.5.1.3 Le ratio vente sur coût (RVC) et le retour sur investissement (RI) .....	44
3.1.5.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur les résultats économiques .	45
3.1.5.3 Synthèse des principaux résultats en pourcentage (%) .....	46
3.2 Discussions.....	48
3.2.1 Les déterminants des principes de l'AC.....	48

3.2.1.1 Effet des traitements sur le taux d'humidité du sol.....	48
3.2.1.2 Effet des traitements sur les paramètres agronomiques .....	49
3.2.1.3 Effets des traitements sur le taux d'enherbement des parcelles.....	49
3.2.1.4 Effets des traitements sur les temps de travaux des opérations culturales.....	50
3.2.1.5 Effets des traitements sur les paramètres économiques .....	51
3.2.2 L'application optionnelle des principes de l'AC .....	51
Conclusion et recommandations .....	53
Bibliographie.....	55
Annexes.....	62
Annexe 1. Dispositif expérimental.....	62
Annexe 2. Fiche de suivi des cultures / Campagne Agricole : 2013.....	64
A. Itinéraire technique suivi.....	64
B. Production .....	67
C.Observations .....	67
C1. Levée et développement des plantes .....	67
C2. Évaluation de l'enherbement de la parcelle.....	67
C3. Aléas divers .....	68
Annexe 3. Fiche de suivi de la croissance et du développement des plants .....	69

## Dedicace

Je dédie ce mémoire :

À notre Seigneur de l'Univers, Maître du jour de la rétribution à  
Qui je dois ma vie entière ;

À notre père OUATTARA Siaka qui a fait son devoir de me  
scolariser avec tout le soutien qui en découle ;

À notre mère OUATTARA Diara à qui je dois beaucoup mon  
éducation sociale ;

À notre frère OUATTARA Issa pour ses sacrifices à mon égard et  
l'espoir qu'il place en ma personne ;

À tous nos frères et sœurs pour leur fraternité.

J'espère qu'ils trouveront ici tous leurs satisfactions !

## Remerciements

Ce travail est le fruit d'un long processus durant lequel plusieurs personnes ont apporté leurs soutiens d'une manière ou d'une autre. Je voudrais exprimer ici ma profonde reconnaissance à toutes ces personnes, je pense particulièrement :

- au Dr Patrice DJAMEN NANA, notre maître de stage, Coordonnateur régional de African Conservation Tillage Network Initiative (ACT) pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre pour nous avoir accepté dans son équipe et pour son encadrement malgré ses nombreuses occupations,

- au Dr Mamadou TRAORE, notre directeur de mémoire, directeur adjoint aux affaires académiques et pédagogiques de l'Institut du Développement Rural (IDR), pour le suivi de ce travail,

- à M. Jean Marie DOUZET, chercheur au Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) pour les amendements apportés à ce mémoire,

- au Dr Hamidou TRAORE, directeur adjoint de l'Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), pour sa guidance dans l'élaboration de ce mémoire,

- aux directions de l'Université Polytechnique de Bobo (UPB), du Centre Régional des Œuvres Universitaires Burkinabé (CROUB), de l'Institut du Développement Rural (IDR) et tout le corps professoral pour leurs soutiens multiformes dans nos études ;

- à mon cousin M. Dramane TRAORE et à son épouse pour m'avoir hébergé durant la période de stage,

- à tout le personnel de ACT au Burkina Faso : l'Ingénieur Jules Sansan Benoît DA, Mme Judith BASSONO et M. Etienne SANKIMA pour leurs sympathies et leurs soutiens multiformes,

- à M. Bruno OUEDRAOGO, chef de Zone d'Appui Technique (ZAT) de Guibaré et à tous les producteurs de Yilou pour leurs bonnes collaborations,

- à mes camarades stagiaires à ACT notamment Messita KONATE, Gilles TRAORE, Blaise OUEDRAOGO, Marcel OUEDRAOGO et Rasmata SANKARA et à mes camarades de l'IDR pour leurs soutiens et les moments forts de fraternité et d'entraides passés ensemble,

- à mon cochambrier M. Yaya OUATTARA, pour son soutien et son sens de collaboration,

- à mon tuteur à Bobo M. Abdoulaye DAO, son épouse ainsi qu'à tous leurs enfants pour leur sympathie.

## **Sigles et abréviations**

**ABACO** : Agro-ecology based aggradation conservation-agriculture (ABACO) : Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa.

**AC** : Agriculture de conservation

**ACT** : African conservation tillage network

**ADEME**: Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

**BNDT**: Base nationale de données topographiques

**CES/DRS** : Conservation des eaux et des sols/défense et restauration des sols

**CIRAD** : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

**CIRDES** : Centre International de Recherche-Développement en zone Subhumide

**CNEARC** : Centre national d'études agronomiques des régions chaudes

**CRAAQ** : Centre de recherche en agriculture et aquaculture du Québec

**CSAO** : Club du sahel et de l'Afrique de l'ouest

**CTA**: Centre technique de coopération agricole et Rurale

**FAO**: Food and agriculture organization of United Nations

**GIFS** : Gestion intégrée de la fertilité des sols

**IDR** : Institut du développement rural

**IIRR**: International Institute of Rural Reconstruction

**INERA** : Institut de l'environnement et de recherches agricoles

**INSD** : Institut national de la statistique et de la démographie

**IRD** : Institut de recherche pour le développement

**MAHRH** : Ministère de l'agriculture de l'hydraulique et des ressources halieutiques

**MASA** : Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire

**ONG** : Organisation non-gouvernementale

**PDCG**: Plan de développement communal de Guibaré

**PDRD** : Programme de développement rural et durable

**PIB** : Produit intérieur brut

**RNA** : Régénération naturelle assistée

**SCSAO** : Secrétariat du club du sahel et de l'Afrique de l'ouest

**SCV**: Système de culture sous couverture végétale

**UPB** : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

## Liste des figures

Figure 1 : Les trois principes de l'agriculture de conservation (Djamen <i>et al.</i> , 2005).....	5
Figure 2 : Pluviométrie des dix dernières années de la commune de Guibaré .....	12
Figure 3 : Taux d'humidité du sol au premier prélèvement.....	24
Figure 4 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol au premier prélèvement sur 0 à 100 cm de profondeur.....	25
Figure 5 : Humidité du sol au deuxième prélèvement .....	26
Figure 6 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol au deuxième prélèvement sur 0 à 100 cm de profondeur. ....	26
Figure 7 : Taux d'humidité du sol au troisième prélèvement .....	27
Figure 8 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol au deuxième prélèvement sur 0 à 100 cm de profondeur. ....	28
Figure 9 : Nombre de feuilles par plant de sorgho en fonction des traitements .....	30
Figure 10 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur le nombre de feuilles des plants de sorgho .....	31
Figure 11 : Hauteur des plants de sorgho en fonction des traitements.....	32
Figure 12 : Performances spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation sur la hauteur des plants de sorgho .....	34
Figure 13 : Rendements du sorgho en fonction des traitements .....	35
Figure 14 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur le rendement grain sorgho.....	36
Figure 15 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur le rendement paille du sorgho .....	37
Figure 16 : Taux d'enherbement en fonction du travail du sol, du paillage et des cultures .....	38
Figure 17 : Performances (%) spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation sur le niveau d'enherbement des parcelles .....	40
Figure 18 : Temps de travaux en fonction des traitements .....	41
Figure 19 : Performances spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation sur les temps de travaux.....	42
Figure 20 : Produit brut et marge brute en fonction des traitements en F CFA/ha.....	43
Figure 21 : Valeur ajoutée brute du travail ou productivité du travail en fonction des traitements en F CFA/ha .....	44
Figure 22 : Ratio vente sur coût et retour sur l'investissement en fonction des traitements ...	45

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des opérations culturales réalisées .....	17
Tableau 2 : Traitements comparés pour le calcul des performances spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation .....	20
Tableau 3 : Effets des principes de l'AC sur les stades phénologiques des plants de sorgho en fonction des traitements .....	29
Tableau 4 : Hauteur des plants de sorgho en fonction des traitements .....	33
Tableau 5 : Niveau d'enherbement en fonction des traitements.....	39
Tableau 6 : Paramètres économiques en fonction des traitements.....	43
Tableau 7: Performances (%) spécifiques et combinées des principes de l'AC sur les paramètres économiques de l'exploitation.....	46
Tableau 8 : Performances spécifiques et cumulés des principes de l'AC sur les principaux paramètres étudiés .....	47

## Liste des cartes

Carte 1 : Carte administrative de la commune de Guibaré .....	11
---	----

## Résumé

L'agriculture de conservation (AC) désigne les systèmes de cultures où trois principes dont le travail minimal du sol, la couverture végétale permanente du sol et la diversification des cultures à travers les associations et/ou rotations des cultures sont appliqués simultanément à l'échelle de la parcelle. L'AC est de plus en plus envisagée comme un moyen pour relever le défi de la durabilité de l'agriculture en zones semi-arides du Burkina Faso. Mais il manque encore des références locales sur les effets de ses principes. La présente étude a été conduite dans le village de Yilou (province du Bam, Burkina Faso) avec pour objectif global de contribuer à la promotion de l'AC en zone semi-aride à travers la production de connaissances sur les effets des différents principes appliqués isolément ou de façon combinée. Le dispositif expérimental était un essai multifactoriel randomisé composé de huit traitements comparant des systèmes associant un ou plusieurs principes de l'AC à l'agriculture conventionnelle. Ce dispositif comprenait cinq répétitions. Les effets des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol, les performances agronomiques et les performances économiques ont été mesurés et comparés. Les analyses de variance ont été réalisées, le niveau de significativité des différences entre les traitements a été testé avec le LSD au seuil de 5%. Il est apparu que les principes de l'AC ont des effets variables sur l'humidité du sol et les performances agronomiques et économiques des cultures. Tous les principes de l'agriculture de conservation ont augmenté le taux d'humidité du sol mais aussi les temps de travaux et le taux d'enherbement des parcelles. La couverture du sol est le principe qui a augmenté le plus le taux d'humidité du sol et les performances agronomiques. Par ailleurs, elle a augmenté le plus les temps de travaux de l'ordre de 32,8% par rapport à la pratique conventionnelle. L'association culturale a eu le plus grand impact sur les paramètres économiques de l'exploitation. Le semis direct a augmenté le taux d'enherbement des parcelles et a eu des effets négatifs sur les performances agronomiques et économiques des cultures. Les effets combinés des principes l'AC sont supérieurs aux effets spécifiques. Les performances du semis direct ont été améliorées lorsqu'il était combiné au paillage et/ou à l'association culturale. Cette recherche a démontré l'intérêt de l'application simultanée des principes de l'AC en zone semi-aride. Néanmoins, pour les producteurs qui rencontreraient des contraintes dans l'application des différents principes, l'adoption de l'AC pourrait s'envisager comme un processus progressif incluant trois étapes successives : (i) l'association culturale, (ii) le paillage et (iii) le travail minimal du sol.

**Mots clés** : agroécologie, essai multifactoriel, humidité du sol, développement des plantes, résultats économiques, Yilou, Burkina Faso.

## Abstract

Conservation agriculture (CA) refers to the cropping systems where three principles minimum tillage, permanent soil cover and crop diversification through associations and / or crop rotations are applied simultaneously to the scale of the plot. The CA is increasingly seen as a means to meet the challenge of sustainable agriculture in semi-arid areas of Burkina Faso. But it still lacks local references on the effects of its principles. The present study was conducted in the village of Yilou (Bam province, Burkina Faso) with the overall objective of contributing to the promotion of CA in semi-arid zone through the production of knowledge about the effects of different policies applied singly or in combination. The experimental design was a randomized multifactorial test consisting of eight treatments comparing systems involving one or more principles of CA to conventional agriculture. This device consisted of five repetitions. The effects of the principles of CA on the moisture content of the soil, agronomic performance and economic performances were measured and compared. Analyses of variance were conducted, the level of significance of treatment differences was tested with LSD at 5%. It appeared that the principles of CA have varying effects on soil moisture and agronomic and economic performance of cultures. All the principles of conservation agriculture have increased the moisture content of the soil but also the time of work and the rate of weed plots. Ground cover is the principle that increased the most soil moisture levels and agronomic performance. It also increased the most times work around 32.8% compared to conventional practice. The intercropping had the greatest impact on the economics of exploitation. Direct seeding has increased the rate of weed patches and had negative effects on agronomic and economic performance of cultures. The combined effects of CA principles are superior to specific effects. Performance of direct seeding were improved when combined with mulching and / or intercropping. This research, has been shown the interest of the Simultaneous application of the principles of CA in semi-arid zone. However, for producers who encounter constraints in the application of different principles, the adoption of the CA could seen as a gradual process includes three stages: (i) intercropping, (ii) mulching and (iii) the minimum tillage.

**Tags:** agroecology, multifactorial test, soil moisture, plant growth, economic performance, Yilou, Burkina Faso.

## Introduction

Le secteur agricole joue un rôle important dans l'économie burkinabè et constitue un appui fort au développement du pays. Selon le MASA<sup>1</sup> (2014), la part du secteur primaire dans le PIB était de 30,3% en 2013 contre 31,1% en 2012 et la contribution de l'agriculture au PIB est restée stationnaire entre 2012 et 2013 à 19%. Cependant, l'agriculture burkinabè est une agriculture extensive dominée par les petites exploitations qui cultivent en moyenne 3 à 6 ha. C'est une agriculture de subsistance basée essentiellement sur la production de céréales dont le sorgho, le mil, le maïs, le riz et le fonio. Ces spéculations occupent plus de 88 % des superficies exploitées et constituent l'alimentation de base de la majorité de la population (MAHRH, 2008). La contribution à la formation du PIB en 2013 de l'agriculture vivrière a été de 15% et celle de l'agriculture de rente de 4% (MASA, 2014). Selon la SCSAO (2005) on rencontre trois types d'exploitations, à savoir : (i) les exploitations destinées simplement à la consommation familiale, (ii) les exploitations destinées à la consommation et au marché et (iii) celles dirigées principalement vers le marché. Les pratiques agricoles telles que appliquées dans ces différents types d'exploitations se caractérisent par le labour, le sarclage, le buttage, les brulis ou les exportations des résidus de cultures à d'autres fins laissant le sol nu pendant une bonne partie de l'année. L'absence ou le faible apport de fertilisants au sol ne favorise pas un maintien de la fertilité des sols mais les expose plus à la dégradation. Par ailleurs, les surfaces emblavées augmentent en moyenne de 2,3% par an et ont atteint, en 2006, 4 105 069 ha, soit 45,6% des superficies cultivables du Burkina. Sur cette lancée, l'agriculture burkinabè épuisera ses terres cultivables à l'horizon 2030 si des solutions idoines ne sont pas trouvées (MAHRH, 2008). L'agriculture burkinabè fait face aujourd'hui à certains enjeux et défis qui sont entre autres : renforcer la sécurité alimentaire, augmenter les revenus des populations rurales, restaurer les aires dégradées et abandonnées, maintenir et gérer durablement les ressources naturelles existantes.

Par ailleurs, on assiste à une baisse continue du niveau de fertilité des sols, cela à cause des péjorations climatiques. Cette situation suscite de sérieuses inquiétudes sur le devenir du secteur agricole, et surtout sur sa capacité à garantir la sécurité alimentaire et à contribuer au développement économique des populations (Djamen, 2008).

---

<sup>1</sup> Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire

Pour résoudre ces problèmes qui minent le secteur agricole, en plus des alternatives de gestion durable des ressources naturelles existantes, l'agriculture de conservation (AC) apparaît comme une option sérieuse. L'objectif de l'agriculture de conservation est de favoriser l'activité biologique du sol afin de générer de multiples bénéfices en ce qui concerne la santé des plantes, la réduction des risques environnementaux, l'économie du temps de travail et d'intrants et de meilleures productions (Djamen *et al.*, 2005 ; IIRR et ACT, 2005 ; Séguéy *et al.*, 2007). Selon Soco (2009), l'agriculture de conservation vise à relancer la production agricole en optimisant l'utilisation des ressources par une intensification agricole. Elle permet l'obtention de rendements plus stables mais aussi une amélioration de la capacité d'échange des éléments nutritifs du sol. Selon la FAO (2005), elle permet une amélioration du niveau de fertilité des sols ; la prévention et la réduction de l'érosion du sol ainsi que la protection de la biodiversité. L'AC contribue aussi à la séquestration du carbone, diminuant ainsi la teneur en carbone organique (CO) dans l'atmosphère et aidant de ce fait à modérer le changement climatique. En plus de ces aspects agronomiques et environnementaux, l'AC permet d'alléger les temps de travaux et d'augmenter les revenus nets au sein de l'exploitation (FAO, 2005).

En Argentine, au Brésil, en Australie et ailleurs dans le monde, l'agriculture de conservation a fait ses preuves dans l'amélioration de la fertilité des sols et l'accroissement des revenus des exploitations agricoles (Freud, 2005 ; FAO, 2012). L'Afrique de l'Ouest et du Centre est considérée comme l'une des zones où les bénéfices de l'AC peuvent être les plus élevés. Mais à ce jour, il existe encore peu de connaissances sur les effets des principes de l'AC dans le contexte de cette sous-région (Djamen *et al.*, 2013). Il existe donc encore très peu d'expériences de l'agriculture de conservation dans cette partie de l'Afrique (Barro *et al.*, 2011 ; Djamen *et al.*, 2013). Malgré cet état de fait, des données existent sur le rôle joué par l'agriculture de conservation sur les paramètres socio-économiques des exploitations agricoles du centre nord et de l'est du Burkina Faso. Au nombre de ces données, les résultats des travaux menés par Bougoum (2012) montrent que la couverture du sol est le principe qui a le plus d'impact sur le rendement du sorgho, la productivité du travail et le retour sur investissement ; l'association culturale augmente la productivité du travail et de la terre et le semis direct permet de diminuer la main d'œuvre de l'ordre de 10%. Selon lui, les principes de l'AC ont des effets plus importants quand ils sont combinés que lorsqu'ils sont mis en œuvre séparément. De son introduction à nos jours, l'application des principes de l'AC connaît une variation dans le niveau de mise en œuvre de ses principes. Les exploitations agricoles ont des pratiques qui sont plus ou moins éloignées des principes de l'agriculture de conservation ; la diversification des cultures à travers la pratique des associations culturales

est le principe le plus appliquée. Les taux d'application des autres principes pris individuellement (semis direct et paillage) restent faibles (Zerbo, 2012). C'est dans ce contexte que le thème : « **Effets des principes de l'agriculture de conservation sur les performances des cultures en zone semi-aride : étude de cas à Yilou (Province du Bam, Burkina Faso)** » a fait l'objet de la présente investigation.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à la promotion de l'agriculture de conservation en zone semi-aride du Burkina Faso à travers l'évaluation des changements induits par l'application des composantes de cette technologie sur les performances agronomiques et économiques des cultures.

De façon spécifique, il s'agira pour cette étude de comparer au niveau des paramètres agronomiques et économiques des cultures :

- Les performances des principes de l'agriculture de conservation par rapport à la performance de la pratique conventionnelle ;
- Les performances de la combinaison des principes de l'AC par rapport à l'application séparée des principes et de la pratique conventionnelle.

Nous nous sommes basés sur l'hypothèse générale suivante pour mener cette étude : la combinaison des principes de l'agriculture de conservation donne des résultats plus performants au niveau : du taux d'humidité du sol, des paramètres agronomiques et économiques des cultures, de la maîtrise de l'enherbement des parcelles et de la limitation des temps de travaux que leur application séparée et par rapport aux techniques conventionnelles de travail du sol. De façon spécifique, les hypothèses suivantes seront testées :

- L'application des principes de l'AC donne de meilleurs résultats que la pratique conventionnelle;
- La combinaison des principes de l'AC donne de meilleurs résultats que leur application séparée et par rapport à la pratique conventionnelle.

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres : le chapitre 1 porte sur la revue de la littérature ; le chapitre 2 présente les matériels et la méthodologie. Dans le chapitre 3, les résultats sont présentés et discutés.

# Chapitre 1 : Revue de la littérature

## 1.1 Généralités sur le travail du sol et sur les principes de l'agriculture de conservation

### 1.1.1 Le travail du sol

Le travail du sol regroupe l'ensemble des pratiques agricoles agissant sur le sol avant ou après l'installation des cultures et visant leur croissance optimale. Selon Köller (2003) cité par Vian (2009) l'un des buts premiers du travail du sol est de créer un environnement favorable à la germination des graines et au développement des racines. Le travail du sol désigne le plus souvent les opérations culturales réalisées avant l'implantation de la culture. 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). Partant des critères de ces mêmes auteurs, on distingue cinq groupes d'opérations : le labour, le pseudo-labour, le décompactage, le sous-solage, le buttage et les travaux superficiels (le sarclage, le binage, la reprise de labour). Parmi ces groupes d'opérations, le labour est le plus répandu à travers le monde et est marqué par une utilisation d'outils lourds. Il vise à limiter le développement des adventices (Nicou *et al.*, 1991 ; Vian, 2009). Aussi, il permet d'enfouir les résidus de cultures de la campagne précédente et de fragmenter la structure du sol avant l'implantation des cultures de la campagne en cours (N'Dayegamiye, 2007 ; Triomphe *et al.*, 2007 ; Vian, 2009). Toutefois, le labour a également des effets négatifs. Köller (2003) et Lal *et al.*, (2007) cités par Vian (2009) relèvent que le labour contribue au tassement et à une baisse des teneurs en matière organique des sols (MOS), accentue l'érosion et limite la circulation de l'eau dans le sol.

### 1.1.2 Les principes de l'agriculture de conservation

#### 1.1.2.1 Définition de l'agriculture de conservation

L'agriculture de conservation (AC) comprend un ensemble de pratiques agricoles complémentaires :

- une perturbation minime du sol (par un travail minimum du sol ou une absence de labour) afin de préserver sa structure, la faune du sol et la matière organique ;
- une couverture permanente du sol (cultures de couverture, résidus et mulch) pour protéger le sol et contribuer à l'élimination des mauvaises herbes ;

- une rotation de cultures diversifiées et une association de cultures, qui favorisent les micro-organismes du sol et stoppent le développement des organismes nuisibles aux végétaux, des mauvaises herbes et des maladies (FAO, 2003 ; Serpentié, 2009 ; Soco, 2009).

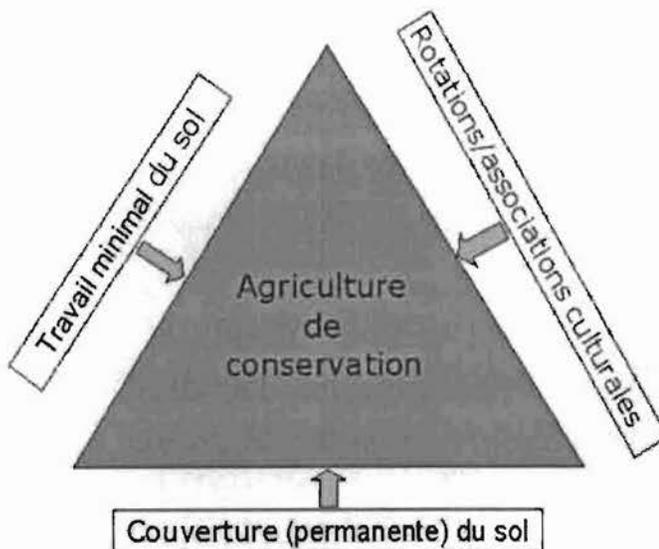


Figure 1 : Les trois principes de l'agriculture de conservation (Djamen *et al.*, 2005)

### 1.1.2.2 Le travail minimum du sol

Le travail profond du sol tel que pratiqué au niveau de l'agriculture conventionnelle peut avoir des effets néfastes à la longue, comme le développement de l'érosion et l'accélération de la minéralisation de la matière organique. À cet effet, le non travail ou le travail minimum du sol est recommandé, c'est-à-dire l'application du semis direct (Sd) ou un léger grattage du sol. Le semis direct est une technique d'établissement des cultures sans aucun travail préalable du sol. Dans le cadre de l'agriculture de conservation, le terme de semis direct est compris comme un synonyme d'agriculture sans labour, zéro – labour (FAO, 2007). Ce principe présente plusieurs avantages au niveau du sol tels que la lutte contre l'érosion, l'absence de la perturbation de la structure du sol, la valorisation des ressources minérales et hydriques disponibles en début de cycle cultural (Mrabet *et al.*, 2006 ; Soco, 2009). Selon le CRAAQ (2000), le semis direct permet la prévention de l'érosion hydrique et éolienne ; la réduction des coûts de production grâce au faible niveau de mécanisation de l'exploitation pour l'installation des cultures ; la réduction de la compactage du sol liée aux outils de travail du sol. Sur le plan environnemental, la réduction de travail du sol apparaît comme une vertu pour le retour à l'équilibre du sol. Aussi, le semis direct permet de diminuer la main d'œuvre sur l'exploitation de l'ordre de 10% (Bougoum 2012).

### ***1.1.2.3 Le paillage du sol***

La couverture du sol encore appelée mulch ou paillage consiste à recouvrir la surface du sol avec de la matière organique vivante ou morte. La matière utilisée pour la couverture peut être constituée par des résidus de récolte, des feuilles et branchages d'arbres, de paille de brousse ou de mauvaises herbes ou encore une culture déjà en place (Ereinstein, 2003 ; IIRR et ACT, 2005). Les objectifs principaux de cette couverture du sol sont de limiter le développement des herbacées et de limiter les pertes d'eau au niveau du sol. Les paillis plastiques augmentent la température du sol tout au long de la journée et les paillis organiques atténuent les fluctuations quotidiennes de température en diminuant les maximales et/ou en augmentant les minimales. Le paillage du sol crée un microclimat favorable au développement de la pédofaune (FAO, 2007). Il constitue une réserve nutritive importante pour des organismes vivant dans le sol et assure donc le maintien permanent de cette vie tout en stimulant leur activité (IIRR et ACT, 2005 ; Mando *et al.*, 2001). Le développement de cette faune édaphique (notamment les vers de terre et les termites) aboutit à la création de galeries, facilitant la circulation de l'eau et de l'air. Ces fonctions du paillage remplaceraient celles du labour (Capillon et Séguy, 2002 ; FAO, 2005 ; Kaumbutho et Kienzle, 2007). Selon la FAO (2007) la couverture permanente du sol permet de réduire le ruissellement de l'eau de pluie et de prévenir l'érosion du sol, elle réduit l'effet de serre par la séquestration du carbone. Aussi, Roy *et al.* (2005) ont démontré que le paillage assure la protection du sol contre les radiations solaires et les effets *splash* des grandes pluies. Le sol résiste ainsi à l'érosion hydrique et éolienne, ce qui permet d'assurer la stabilité de la structure du sol. Selon ces mêmes auteurs le paillage permet un apport d'éléments minéraux au sol grâce à la présence de la matière organique. L'effet de la densité d'un paillis sur son efficacité à limiter l'évaporation du sol a été démontré également par Unger et Parcker (1976). Selon ces derniers, plus le paillis est constitué d'un matériau dense, plus son efficacité à réduire l'évaporation est grande. Outre ces effets du paillis, le paillage limite le développement des mauvaises herbes et leur production de graines (Linger *et al.*, 2011). Selon Bougoum (2012), le paillage est le principe de l'AC qui augmente le plus le rendement du sorgho, la productivité du travail et le retour sur investissement.

### ***1.1.2.4 L'association et de la rotation culturale***

L'association culturale est la conduite d'au moins deux espèces végétales sur une même parcelle en même temps. La rotation culturale quant à elle désigne la succession dans le temps des espèces végétales différentes sur une même parcelle (Djamen *et al.*, 2014). La

diversification des cultures permet une utilisation de plusieurs éléments nutritifs sur plusieurs horizons car celles-ci présentent des systèmes racinaires et des besoins variés (IIRR et ACT 2005). L'association du sorgho et du niébé permet une réduction du ruissellement de 20 à 30% et de 5 à 10% respectivement par rapport à la culture pure du sorgho et du niébé. Ce qui a pour conséquence la réduction de l'érosion de 80% par rapport à la culture pure du sorgho et de 45 à 55% par rapport à la culture pure du niébé (Zougmore *et al.*, 2000). Des études ont montré que la rotation permet de lutter efficacement contre les maladies, les mauvaises herbes comme le *Striga*, et d'améliorer la fertilité du sol (Koulibaly *et al.*, 2010). Selon la FAO (2007) la diversification des espèces végétales au sein de l'exploitation permet de diversifier la pédofaune et la pédoflore. En plus de ces aspects, la diversification des cultures permet selon Bougoum (2012) d'augmenter la productivité du travail et de la terre.

## **1.2 Les avantages et les limites de l'agriculture de conservation**

### **1.2.1 Les avantages de l'agriculture de conservation**

L'agriculture de conservation présente de nombreux avantages sur les plans agronomique, économique et environnemental. Sur le plan agronomique, l'agriculture de conservation permet la diversification et l'augmentation de la production agricole. Elle maintient et améliore la fertilité des sols, favorise une meilleure mobilisation de l'eau et des éléments nutritifs au niveau du sol. L'agriculture de conservation permet aussi d'équilibrer le NPK dans le sol, favorise la réduction de l'utilisation des engrais minéraux chimiques (Djamen *et al.*, 2005 ; FAO, 2010 ; CIRAD, 2011 ; Tittonell *et al.*, 2012).

Sur le plan socio-économique, nous avons l'allègement des temps de travaux et l'augmentation des revenus nets au sein de l'exploitation par l'optimisation de la rentabilité de l'activité agricole. L'agriculture de conservation permet de générer des bénéfices substantiels à travers la bonne gestion de l'énergie, des intrants, de la main d'œuvre, des équipements et des temps de travaux (Djamen *et al.*, 2005 ; Soco, 2009 ). Les valeurs varient selon les auteurs, les localités et les cultures. Naudin *et al.* (2005) ont montré que les semis sous couverture végétale (SCV) permettent d'accroître les marges brutes de 18, 17 et 13% respectivement pour le maïs, le coton et le sorgho au Nord Cameroun. Selon Bougoum (2012), l'AC permet d'augmenter la valeur ajoutée du sorgho de 3,4 fois par rapport à la pratique conventionnelle.

Sur le plan environnemental et social, l'agriculture de conservation protège le sol et contribue à la durabilité des exploitations agricoles. La matière organique en permettant le stockage du carbone et de l'azote dans le sol favorise la réduction des gaz à effets de serre (Capillon et Seguy, 2002 ; FAO, 2003). Au niveau des bassins versants l'agriculture de conservation permet de réduire les charges en sédiments dans les eaux de surface FAO (2003). L'agriculture de conservation permet ainsi une amélioration de la qualité de l'air et des eaux. Aussi, elle permet une régénération de la végétation et la diversification des espèces vivantes offrant ainsi de bonnes conditions de vie aux populations à partir des fruits de leurs exploitations (Kourouma, 2005).

### **1.2.2 Les limites de l'agriculture de conservation**

L'agriculture de conservation présente certes des avantages inestimables. Mais, malgré ces avantages, elle présente des limites quant à son application. Au nombre de ces limites, nous avons tout d'abord le manque de référence standard sur les différentes techniques de l'agriculture de conservation et leur adaptabilité aux différents milieux agro-écologiques demeure un frein pour la dissémination de l'agriculture de conservation (CIRAD, 2011 ; FAO, 2010).

Outre l'absence de données de référence, la transition vers l'adoption de l'AC s'accompagne d'une baisse de la performance de l'exploitation. Cette phase a une longue durée pouvant atteindre cinq à sept ans (FAO, 2005 ; Kaumbutho et Kienzle, 2007). Hormis ces deux contraintes, son adoption en Afrique de l'Ouest et du Centre fait face à des contraintes climatiques, d'instabilité des filières, de défi de la compétition pour l'utilisation de la paille, de la raréfaction et de la dégradation des ressources naturelles (Djamen *et al.*, 2005).

## **1.3 Comparaison entre l'agriculture de conservation et l'agriculture conventionnelle**

Selon la FAO (2003), la limite séparant l'agriculture conventionnelle de l'agriculture de conservation s'estompe souvent car l'agriculture conventionnelle utilise beaucoup de pratiques typiques de l'agriculture de conservation, telles que le labour minimum ou le non-labour. Par conséquent, la caractéristique différenciant l'agriculture de conservation de l'agriculture conventionnelle est la mentalité de l'exploitant. L'exploitant agricole conventionnel croit que le labour du sol apporte des avantages à son exploitation et il

augmenterait le labour si c'était économiquement faisable. L'exploitant en agriculture de conservation remet en cause la nécessité du labour en premier lieu et se sent mal à l'aise quand un labour est effectué.

L'agriculture de conservation maintient une couverture organique du sol, permanente ou semi-permanente, se composant d'une plante vivante ou d'un paillis mort. La fonction de la couverture organique est de protéger physiquement le sol contre le soleil, la pluie et le vent et de nourrir les organismes vivants du sol. Par la suite, les microorganismes et la faune du sol assureront la fonction de labour et l'équilibre nutritif du sol, maintenant de ce fait la capacité de résilience du sol. Le non-labour avec conservation des résidus de culture et semis direct est peut-être le meilleur exemple de l'agriculture de conservation puisqu'il évite la perturbation provoquée par le labour mécanique. Une rotation de cultures variées est également importante pour éviter des problèmes de maladies et de parasites. Les deux dernières décennies ont vu se perfectionner les technologies associées à l'agriculture avec un travail minimum du sol ou même le non-labour et leur adaptation pour presque toutes les tailles d'exploitations agricoles, les types de sol et de cultures et les zones de climat.

## **Chapitre II : materiel et methodes**

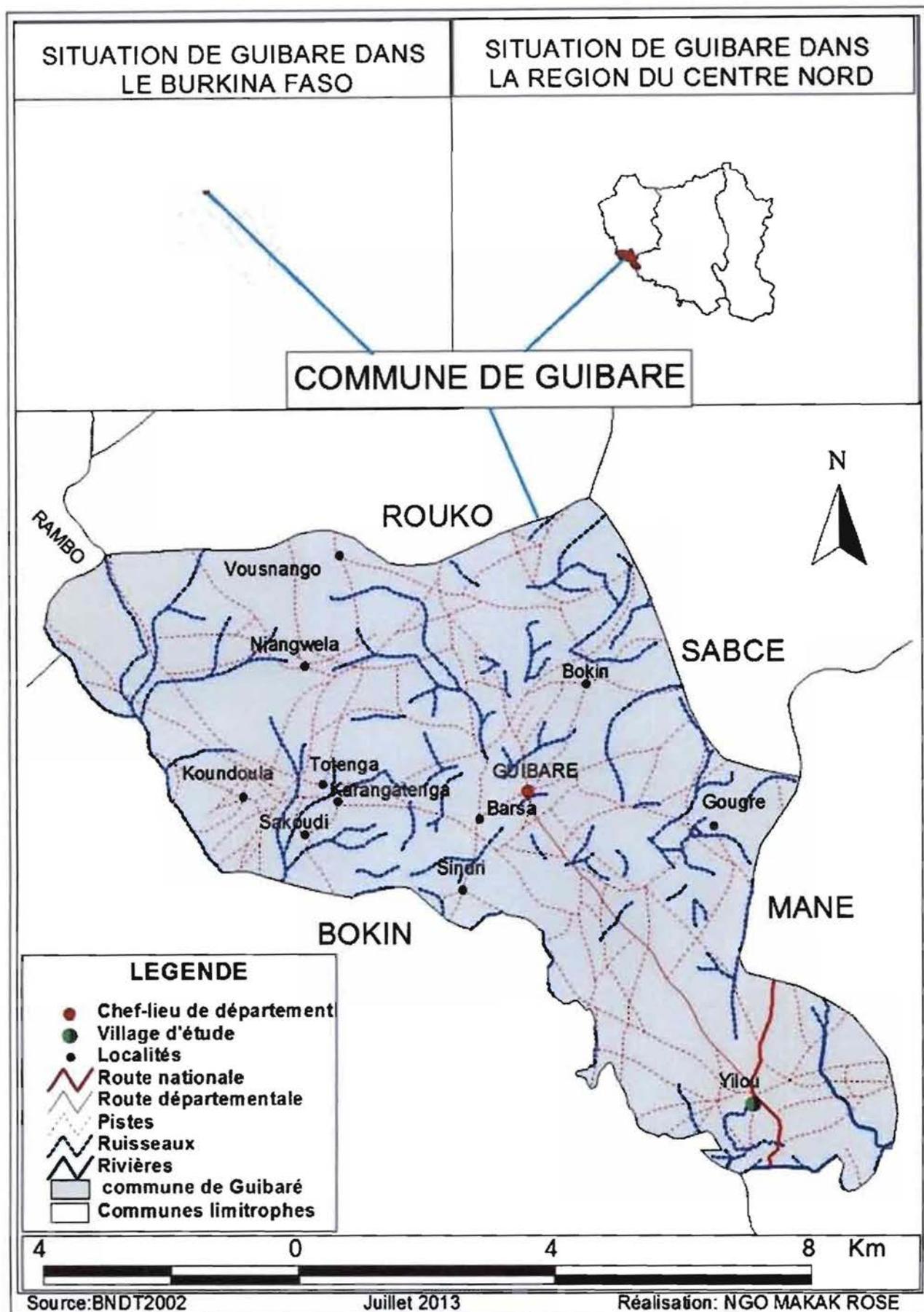
### **2.1 Présentation de la zone d'étude**

#### **2.1.1 La situation géographique**

Notre site d'étude est le village de Yilou situé dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso dans la province du Bam précisément dans la commune rurale de Guibaré. Il a pour coordonnées géographiques : 13°0'02'' Nord et 1°32'78'' Ouest (carte 1). Yilou est traversé par la route nationale N°22 qui relie Ouagadougou la capitale du Burkina Faso à Kongoussi le chef-lieu de la province du Bam. Il est distant de dix kilomètres de Guibaré (chef-lieu de la commune de Guibaré) ; de 38 km de Kongoussi et de 75 km de Ouagadougou (PDCG<sup>2</sup>, 2013).

---

<sup>2</sup>Plan de Développement Communal de Guibaré



Carte 1 : Carte administrative de la commune de Guibaré

La commune rurale de Guibaré s'étend sur une superficie d'environ 672 km<sup>2</sup> avec une densité de 91 habitants au km<sup>2</sup> (INSD, 2008) et compte 13 villages en plus du village de Guibaré.

## 2.1.2 Le milieu physique

### 2.1.2.1 Le relief

Le relief de la commune de Guibaré dans laquelle se situe Yilou se caractérise par des collines birrimiennes, des buttes rocheuses, des plateaux cuirassés et des buttes plus ou moins démantelées (BUNASOLS, 1995).

### 2.1.2.2 Le climat et la pluviométrie

Le village de Yilou est dans la zone soudano-sahélien selon le découpage phytogéographique de Fontes et Guinko (1995) avec une pluviométrie moyenne de 700 mm d'eau par an. On y distingue deux types de saisons : une saison sèche qui s'étend d'octobre à mai, avec des températures qui peuvent atteindre 40°C et une saison de pluies plus courte de quatre mois qui s'étend de juin à septembre. Les périodes de grandes pluies se situent au niveau des mois de juillet et août. Les précipitations dans l'ensemble au niveau communal sont irrégulières avec une inégale répartition intra et extra annuelle (figure 2). Les données pluviométriques des 11 dernières années de Guibaré varient entre 540 mm et 933 mm et le nombre de jours de pluie varie entre 34 et 50 jours (PDCG, 2013).

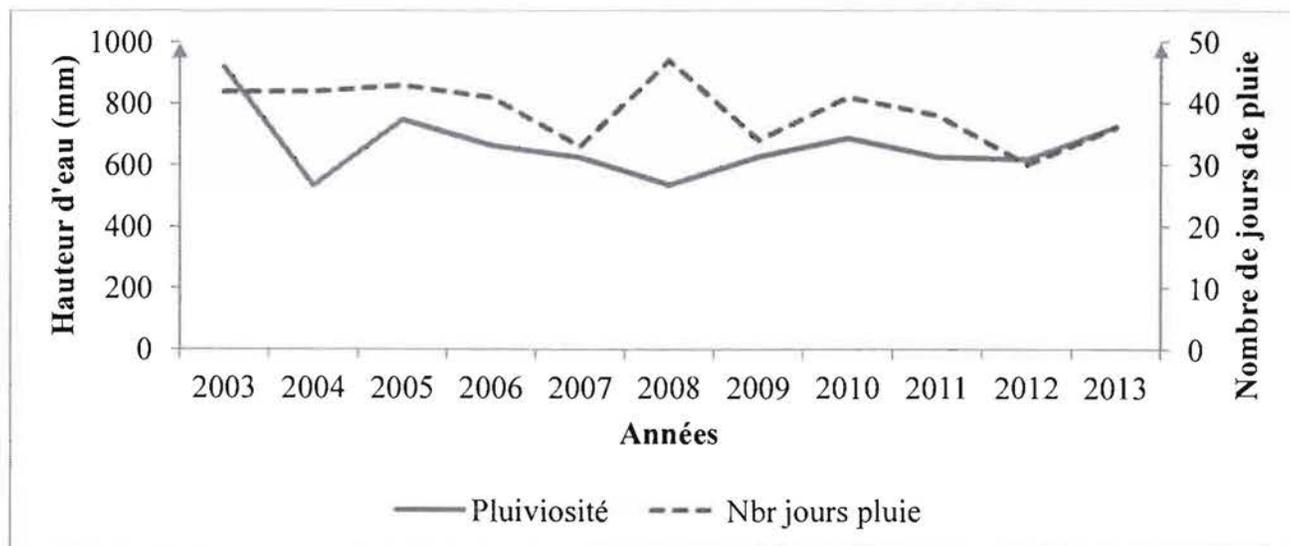


Figure 2 : Pluviométrie des dix dernières années de la commune de Guibaré

### **2.1.2.3 Les sols**

Les principaux types de sols rencontrés à Guibaré où se situe notre site d'étude sont les sols minéraux bruts à texture sablo-argileuse et les sols hydromorphes. Les sols minéraux bruts sont les plus abondants et sont relativement pauvres en éléments nutritifs. Les sols hydromorphes sont rencontrés au niveau des bas-fonds (BUNASOLS, 1995).

À l'échelle du village de Yilou, nous avons principalement les sols ferrugineux tropicaux lessivés et peu évolués mais aussi des sols hydromorphes au niveau des bas-fonds. On y rencontre la classe des sols peu évolués et celle des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse.

### **2.1.2.4 L'hydrographie**

La commune de Guibaré fait partie du bassin versant du fleuve Nakambé avec des ressources en eau de surface assez importantes. La commune dispose de deux retenus d'eau qui sont les barrages de Guibaré centre et de Nianguouela autour desquels se concentrent de fortes activités agro-sylvo-pastorales. Le village de Yilou dispose de peu de ressource en eau de surface. La seule ressource en eau de surface disponible au niveau de ce village est le fleuve Nakambé. Ce cours d'eau sert de lieu d'abreuvement des animaux et de maraîchage en saison sèche. L'insuffisance des pluies affecte le niveau de la nappe phréatique qui est de 15 m au niveau des bas-fonds et environ de 30 m sur les plateaux.

### **2.1.2.5 Les ressources végétales**

Dans la commune rurale de Guibaré, les formations végétales les plus répandues sont la savane arbustive, la savane herbeuse, les steppes arbustives et enfin la végétation est clairsemée due au fait que le climat est du type semi-désertique. On y rencontre surtout des épineux et quelques espèces ligneuses. Les principales essences forestières existantes sont : *Vittelaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata* et différentes espèces d'acacias. Il existe de vastes superficies d'*Acacia senegal* qui représentent un potentiel important pour l'exploitation de la gomme arabique.

À ces essences forestières s'ajoute un tapis herbacé très important composé d'*Andropogon gayanus*, *Andropogon acinidis*, *Loudetia togoensis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Hyptis spicigera*, *Cassia tora* et *Cassia occidentalis*.

Cependant, la coupe abusive du bois due à une demande croissante d'énergie, la divagation des animaux, l'orpaillage et les nouvelles défriches réduisent considérablement la végétation. Notons ainsi que certaines espèces sont en voie de disparition ; c'est le cas du kapokier (PDCG, 2013).

## **2.2 Méthodologie**

### **2.2.1 Le matériel**

La réalisation de la présente étude a mobilisé plusieurs types de matériel dont : les outils de travail, le matériel technique, le matériel végétal, les engrais minéraux.

#### **2.2.1.1 Les outils de travail**

❖ Les outils suivants ont été utilisés pour la mise en place du dispositif :

- le ruban métrique a servi pour mesurer et délimiter les parcelles élémentaires où ont été installés les différents traitements ;
- des étiquettes ont été utilisées pour identifier les différents traitements avec leurs répétitions mais aussi pour étiqueter les pieds des plants de sorgho et de niébé qui ont été suivis pour la collecte des données sur la croissance et le développement des plants.

❖ Pour le prélèvement de sol, nous avons utilisé :

- la barre à mine pour prélever les échantillons de sol ;
- des bocaux pour collecter des échantillons de sol prélevés ;
- du scotch papier pour étiqueter les bocaux contenant les échantillons de sol prélevé ;
- des marqueurs pour écrire sur les bocaux.

Pour l'entretien des parcelles contre les mauvaises herbes, des dabas ont été utilisées pour l'opération de sarclage qui a été faite manuellement.

#### **2.2.1.2 Le matériel technique**

- Des fiches de suivi de culture ont été utilisées pour la collecte des données au niveau des différents traitements (annexe N°2 et N°3) ;
- Une balance a été utilisée pour peser les productions graines et pailles de chaque traitement puis à déterminer les poids frais des échantillons de sol après leur prélèvement au champ et leurs poids secs après leur retrait de l'étuve au bout de vingt-quatre heures (24h) à cent-cinq degrés Celsius (105°C) ;
- Des sachets plastiques ont servi à collecter les productions graine et paille des plants par traitement.

#### **2.2.1.3 Le matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé était le sorgho : *Sorghum bicolor* (L.) Moench, variété Kapèlga, mise à la disposition des producteurs par ACT. La hauteur des plants du sorgho variété Kapèlga varie de 300 à 310 cm et la longueur des panicules 32 à 35 cm. Le cycle du semis à la maturité est de 100 à 105 jours avec un rendement potentiel de 2,5 t/ha et un rendement grain en milieu paysan de 1,5 à 1,6 t/ha dans des conditions pluviométriques de 600 à 900 mm. Les grains sont de couleur blanche. La variété Kapèlga de sorgho est cultivée dans les zones à pluviométrie comprise entre 500 et 850 mm d'eau par an (Brocke *et al.*, 2008) ;

La semence de niébé : *Vigna unguiculata* (L.) Walp, variété K VX 396-5-4-2D, mise à la disposition des producteurs par ACT a été utilisée. Le niébé a été utilisé comme plante de couverture. Son rendement potentiel est de 1,5 t/ha et le rendement grain en milieu paysan de 800 kg/ha dans des zones de pluviométrie variant entre 400 et 800 mm d'eau par an et celles à pluviométrie supérieure à 800 mm. Le cycle de cette variété du semis à maturité est de 70 jours. Les grains sont de couleur blanche (Ouédraogo *et al.*, 2009). Les résidus de récolte du sorgho de la campagne précédente ont servi de paillage au sol.

#### **2.2.1.4 Les fumures**

Pour améliorer la fertilité du sol et compléter son offre en éléments minéraux pour les cultures, la fumure minérale a été utilisée. Les fumures minérales utilisées étaient le NPK (14-18-18-6S1B) et l'urée (46%) aux doses respectives de 100kg/ha et 50 kg/ha.

#### **2.2.2 Le dispositif expérimental**

Il s'agit d'un essai multifactoriel comportant trois facteurs dont :

- le facteur travail du sol : la parcelle est soit en labour (lb), soit en semis direct (sd) ;
- le facteur couverture du sol : la parcelle est soit paillée avec quatre tonnes de résidus de cultures / hectare (p4t), soit non paillée (p0t) ;
- le facteur cultures : la parcelle est soit en culture pure, c'est-à-dire porte uniquement du sorgho (sg) ou porte du sorgho en association avec le niébé (sgsn).

La combinaison des différentes modalités des trois facteurs avait conduit à l'identification de huit traitements dont :

**T1 (lbp0tsg)** : labour, pas de paillage du sol, sorgho en culture pure ;

**T2 (lbp0tsgsn)** : labour, pas de paillage du sol, sorgho associé au niébé ;

**T3 (sdp0tsg)** : semis direct, pas de paillage du sol, sorgho en culture pure ;

**T4 (sdp0tsgsn)** : semis direct, pas de paillage du sol, sorgho associé au niébé ;

**T5 (lbp4tsg)** : labour, paillage du sol, sorgho en culture pure ;

**T6 (lbp4tsgsn)** : labour, paillage du sol, sorgho associé au niébé ;

**T7 (sdp4tsg)** : semis direct, paillage du sol, sorgho en culture pure ;

**T8 (sdp4tsgsn)** : semis direct, paillage du sol, sorgho associé au niébé.

Les huit traitements ont été installés en cinq répétitions avec randomisation chez trois producteurs. Parmi les cinq répétitions, trois répétitions sont sur le même site (chez le producteur Salam Sawadogo) et les deux autres répétitions sont installées sur des sites différents (chez les producteurs Harouna Sawadogo et Soumaïla Gansoré). L'annexe N°1 présente le dispositif expérimental tel que installé chez les trois producteurs.

#### **2.2.3 Les opérations culturales réalisées**

Les différentes opérations culturales réalisées sur les parcelles des trois producteurs sont résumées dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Synthèse des opérations culturales réalisées**

Opérations culturales	Dates de réalisation		
	Salam Sawadogo	Harouna Sawadogo	Soumaïla Gansoré
Parcellement	19 JAVSS	19 JAVSS	22 JAVSS
Paillage	19 JAVSS	19 JAVSS	23 JAVSS
Labour	3 JAVSS	4 JAVSS	2 JAVSS
Semis sorgho	25/06/2013	24/06/2013	29/06/2013
Semis niébé et resemis du sorgho	27 JAS	27 JAS	18 JAS
Premier sarclage	18 JAS	18 JAS	10 JAS
Apport NPK	27 JASS	28 JASS	21 JASS
Démariage	43 JAS	46 JAS	41 JAS
Deuxième sarclage	53 JAS	54 JAS	28 JAS
Troisième sarclage	-	-	42 JAS
Apport Urée	55 JASS	55 JASS	47 JASS
Récolte niébé	73 JASN	76 JASN	79 JASN
Récolte sorgho	123 JAS	125 JAS	120 JAS

Légende :JAVSS : jour avant semis du sorgho ; JAS : jour après semis du sorgho ; JASN : jour après semis du niébé.

#### 2.2.4 La collecte des données

##### ❖ Le suivi de la croissance et du développement

Trois plants par spéculation ont été choisis au hasard au niveau de chaque traitement. La hauteur de chaque plant a été mesurée à des intervalles de dix jours à compter du 60<sup>ème</sup> jour après semis avec un ruban métrique gradué. Le nombre de feuilles de chacun d'eux a été compté le même jour. Au niveau du niébé, le nombre de branches végétatives, le nombre de branches fructifères et le nombre de gousses ont été aussi comptés chaque dix jour à partir du 35<sup>ème</sup> jour après semis. Les dates de floraison (1<sup>ère</sup> floraison, floraison à 50% et floraison à 100%) et d'épiaison (1<sup>ère</sup> épiaison, épiaison à 50% et épiaison à 100%) ainsi que les dates de

maturation (maturation à 50% et maturation à 100%) ont été identifiées par des observations visuelles.

❖ Le suivi des niveaux d'enherbement des parcelles et d'infestation par le striga

Le niveau de l'enherbement (NE) de chaque traitement a été estimé par observation visuelle en suivant une échelle de notation allant de zéro à cinq (annexe N°2 C2). De même, le niveau d'infestation des traitements par le Striga (NS) a été estimé par des observations visuelles avec des valeurs de NS variant de zéro à trois (annexe N°2 C2).

❖ Le prélèvement du sol

Les prélèvements de sol ont été effectués sur chaque traitement pour évaluer le taux d'humidité du sol au laboratoire. Le prélèvement de sol a été réalisé sur toutes les parcelles à raison de deux points de prélèvement par parcelle. Au niveau de chaque point, les prélèvements ont été faits à dans les horizons de sol de : 0 – 20 ; 20 – 40 ; 40 – 70 et 70 – 100 cm. Les échantillons de sol prélevés au niveau des deux points de prélèvements de la même parcelle et à la même profondeur ont été mélangés pour obtenir un échantillon composite par parcelle et par horizon. Cela nous a donné quatre échantillons de sol prélevés par parcelle soit un total de 36 échantillons par répétition. Pour les cinq répétitions constituant notre dispositif, cela fait 180 échantillons de sol prélevés pour les analyses au laboratoire à chaque prélèvement. Le premier prélèvement a été effectué au 50<sup>ème</sup> jour après semis du sorgho, le deuxième au 86<sup>ème</sup> jour après semis et le troisième au 116<sup>ème</sup> jour après semis.

❖ La récolte des productions graine et paille

Pour ce qui est de la production graine du niébé, les gousses ont été récoltées sur l'ensemble du traitement ; elles ont ensuite été séchées et battues pour obtenir les grains. Ces grains ont été pesés et ramenés à la superficie pour obtenir le rendement grain par traitement. Le rendement obtenu a été ensuite extrapolé à l'hectare. Le rendement fane du niébé par contre a été obtenu en fauchant les fanes des quatre lignes centrales de chaque parcelle. Ces fanes ont été séchées et pesées puis ce poids a été ramené au nombre de lignes pour obtenir le poids d'une ligne. Le poids moyen par ligne a été multiplié par le nombre de lignes du traitement pour obtenir le rendement fane par traitement. Ce rendement fane par traitement a été extrapolé à l'hectare.

S'agissant des rendements grain et paille du sorgho, ils ont été évalués de la même façon que le rendement fane du niébé. C'est-à-dire, nous avons récolté les productions graine et paille des quatre lignes centrales de chaque traitement. La paille a été ainsi séchée et pesée pour obtenir le rendement paille par ligne. Ce rendement a été multiplié par le nombre de lignes du traitement ce qui nous a donné le rendement paille par parcelle. Ce rendement a été extrapolé pour obtenir le rendement paille par hectare. En ce qui concerne le rendement grain, les panicules des quatre lignes ont été séchées, battues et pesées pour obtenir le rendement grain par ligne. Nous avons procédé de la même manière que pour la paille pour obtenir le rendement grain du sorgho par hectare.

#### ❖ La détermination des temps de travaux

Le temps de chaque opération culturale a été suivi et calculé par traitement. Pour le faire, nous avons eu à prendre : l'heure de début et de la fin de chaque opération culturale et, le nombre de personnes ayant réalisé l'opération sur la même parcelle élémentaire. La différence entre l'heure du début et celle de la fin de l'opération a donné le temps de l'opération pour toutes les personnes qui l'ont réalisée. Ce temps a été multiplié par le nombre de personnes ayant effectué l'opération et cela a donné le temps de travail de l'opération. Ensuite, nous avons fait une sommation des temps de toutes les opérations culturales réalisées sur le même traitement pour obtenir le temps de travail par traitement. Ce temps a été converti en homme jour (HJ) ce qui correspond au temps de travail d'un adulte pendant huit heures de travail.

#### **2.2.5 La détermination du taux d'humidité de chaque échantillon (Th)**

Pour la détermination du taux d'humidité, les échantillons de sol ont été pesés juste après leur prélèvement pour avoir le poids frais (Pf). Ensuite, ils ont été mis à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Les échantillons ont été retirés ensuite de l'étuve et refroidis à l'abri de l'air puis pesés pour obtenir leurs poids secs (Ps). La teneur en eau des échantillons de sol a été obtenue à l'aide de la formule suivante :  $Th (\%) = \frac{(Pf - Ps)}{Ps} \times 100$ .

#### **2.2.6 Détermination des performances des principes**

Le calcul de la performance de chaque principe a été réalisé à l'aide de la formule :

**Performance de Ta par rapport à Tb** =  $\frac{\text{rendementTa} - \text{rendementTb}}{\text{rendementTb}} \times 100$

Tb étant le principe “labour” et Ta l’un des principes spécifiques ou combinés de l’AC.

Pour la détermination des performances spécifiques et combinées des principes de l’AC, les différentes comparaisons effectuées sont résumées dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Traitements comparés pour le calcul des performances spécifiques et combinées des principes de l’agriculture de conservation**

Principes	Traitements comparés
Semis direct	T3 à T1 = $[(Ksdp0tsg - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$
Association culturale	T2 à T1 = $[(Ksdp0tsgnb - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$
Paillage	T5 à T1 = $[(Klbp4tsg - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$
Semis direct + Association culturale	T4 à T1 = $[(Ksdp0tsgnb - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$
Semis direct + Paillage	T7 à T1 = $[(Ksdp4tsg - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$
Association culturale + Paillage	T6 à T1 = $[(Klbp4tsgnb - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$
Semis direct + Paillage + Association culturale	T8 à T1 = $[(Ksdp4tsgnb - Klbp0tsg) / Klbp0tsg] * 100$

Légende : K = valeur du paramètre étudié (nombre de feuille ; hauteur des plants ; rendement, charge de travail, marge brute etc)

### 2.2.7 Calcul des performances économiques

Les indicateurs suivants ont été utilisés pour comparer les performances économiques des différents traitements : le produit brut, la consommation intermédiaire (CI), la valeur ajoutée brute (VAB) ou la marge brute (MB), la valeur ajoutée du travail (Vw) ou la productivité du travail, le ratio vente sur coût (RCV) et le retour sur investissement (RI).

#### ✓ Calcul du produit brut total

Le produit brut (PB) correspond à la valeur monétaire de la production, c’est-à-dire, aux quantités produites multipliées par le prix unitaire de chaque production. Ce produit prend en compte les productions graine du sorgho et du niébé et celle fane du niébé. Pour les systèmes

de sorgho en association avec le niébé, le produit brut total correspond à la somme des produits bruts du sorgho et celui du niébé (Penot *et al.*, 2010).

$$PB = \Sigma (\text{produit } i \times \text{prix unitaire du produit } i)$$

✓ Les consommations intermédiaires (CI)

Les consommations intermédiaires ou encore appelées les charges opérationnelles sont l'ensemble des biens et des services qui sont consommés intégralement au cours du cycle de production. Il s'agit entre autres des semences, des engrais, de la main d'œuvre salariale utilisée (Penot *et al.*, 2010).

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

✓ Valeur ajoutée brute (VAB) ou marge brute (MB)

La valeur ajoutée brute est la différence entre le produit brut et les consommations intermédiaires. Elle matérialise la création réelle de richesse. La valeur ajoutée est égale à la marge brute dans le contexte d'une exploitation agricole familiale où la main d'œuvre n'est pas salariée et ne disposant pas de subvention (Penot *et al.*, 2010).  $VAB = PB - CI$

✓ Valorisation brute du travail ( $V_w$ )

La valorisation brute du travail est le rapport de la marge brute du système de culture par le temps total de travail pour sa réalisation (Penot *et al.*, 2010).  $V_w = \frac{\text{VAB du système}}{\text{temps de travail total du système}}$

✓ Le ratio vente sur coût (RVC) et le retour sur investissement (RI)

Le ratio vente sur coût (RVC) est le rapport du produit brut sur les consommations intermédiaires liées à la production. Il définit le gain monétaire du producteur sur une unité monétaire investie dans le système de production (Kaboré, 2007) cité par Bougoum (2012).

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

Le retour sur investissement est le rapport de la valeur ajoutée sur la consommation intermédiaire (Penot *et al.*, 2010).  $RI = \frac{VA}{CI}$

L'ensemble des données quantitatives de la production ont été converties en valeur monétaire. Les prix moyens des produits sur le marché local ont été utilisés pour valoriser la production des grains du sorgho et du niébé ainsi que la production des fanes de niébé. La production de la paille du sorgho n'a pas été prise en compte puisqu'elle n'est pas ou est peu commercialisée dans la zone. Le prix du kilogramme de grains de sorgho et de niébé a été estimé respectivement à 133,3 et 216,7 FCFA ; le kilogramme de fane de niébé à 74 FCFA.

### **2.2.8 L'analyse des données**

Les données collectées ont été saisies à l'aide de Microsoft Access. Le logiciel Microsoft Excel a été utilisé pour organiser des données avant d'être analysées par le logiciel XL-STAT au seuil de 5%. Le test de Fisher a été utilisé pour séparer les différentes moyennes en se basant sur la plus petite différence significative (LSD). Une comparaison de moyenne a été effectuée entre les différents traitements ce qui a permis de les classer du moins performant au plus performant en fonction du paramètre agronomique ou économique étudié.

## Chapitre III : Résultats et discussions

### 3.1 Résultats

#### 3.1.1 Effets des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol

L'analyse des effets des principes de l'agriculture de conservation concernait les propriétés du sol tel que le taux d'humidité du sol, mais aussi les autres propriétés chimiques du sol (le potentiel hydrique, la matière organique, le carbone total, l'azote total, le phosphore assimilable, le potassium disponible et la capacité d'échange cationique du sol). Les prélèvements de sol ont été effectués mais malheureusement l'analyse des échantillons au laboratoire a été retardée et n'a pas pu se faire pendant la période de notre stage. Aussi, nous ne présenterons dans cette section que les résultats relatifs aux effets des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol.

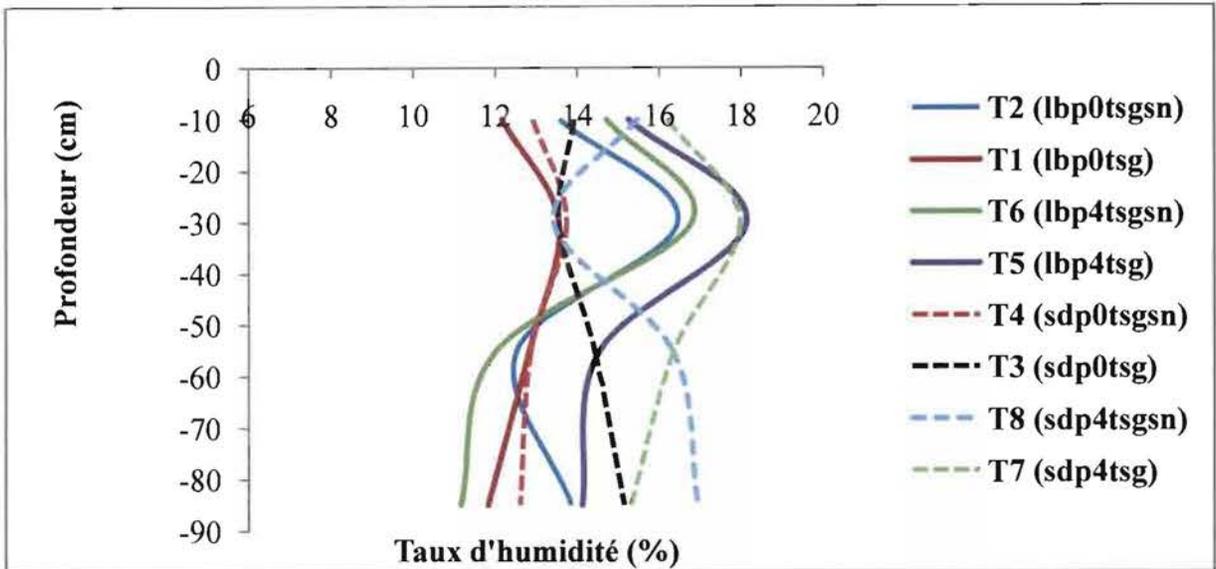
##### *3.1.1.1 Humidité du sol au premier prélèvement*

###### *3.1.1.1.1 Humidité du sol en fonction des traitements*

Dans les horizons 0-20 cm de sol, les taux d'humidité les plus élevés ont été observés dans les parcelles paillées comparativement aux parcelles non paillées (figure 3). Le taux le plus élevé a été enregistré sur le traitement (T7) correspondant aux parcelles sous semis direct + paille + sorgho en culture pure (16,2%) et le plus faible sur le traitement T1 correspondant aux parcelles sous labour sans paillage + sorgho pure (12,2%).

Dans les horizons 20 -40 cm du sol, à l'exception du traitement T8 où le plus faible taux d'humidité a été enregistré (13,4%), les traitements paillés ont enregistré les plus grands taux d'humidité avec le traitement T7 ayant le taux le plus élevé (18,2%). Pour ce qui est de l'horizon de sol 40 et 100 cm de profondeur, les traitements en semis direct avec paillage (T7 et T8) ont enregistré les taux d'humidité du sol les plus élevés. Le traitement T7 a le taux d'humidité la plus élevé dans les horizons 40 à 70 cm de profondeur (16,4%) et le traitement T8 le plus grand sur 70 à 100 cm de profondeur (16,9%). Le plus faible taux d'humidité a été enregistré sur le traitement T6 sur 40 à 70 et sur 70 à 100 cm de profondeur (respectivement 12,0 % et 11,2%).

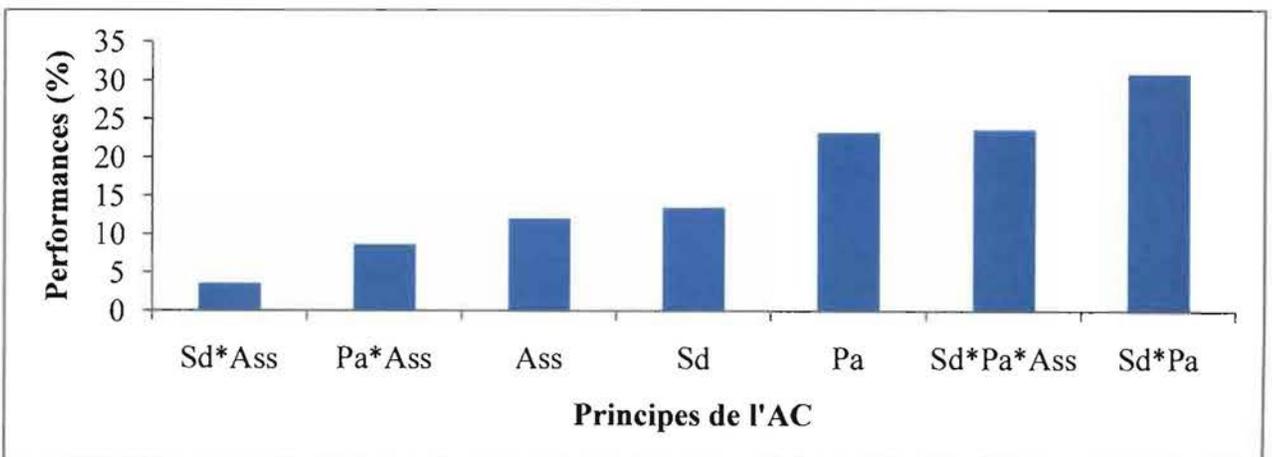
Malgré les variations mentionnées plus haut, les analyses statistiques n'ont pas permis d'observer de différence significative entre les différents traitements.  $P= 0,854 ; 0,325 ; 0,686$  et  $0,519$  dans les horizons 0-20 cm, 20-40 cm, 40-70 cm et 70-100 cm respectivement.

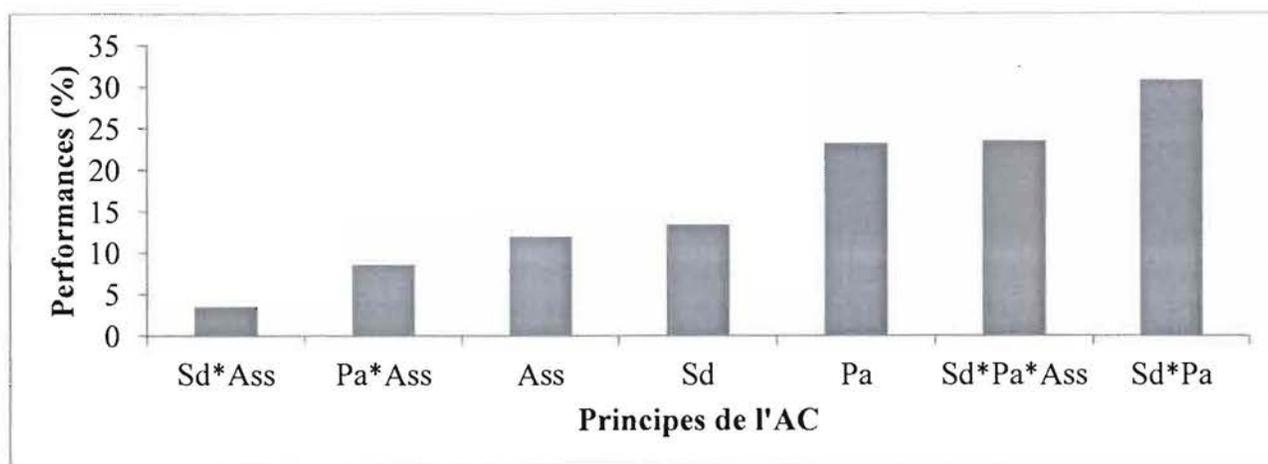


**Figure 3 : Taux d'humidité du sol au premier prélèvement**

#### 3.1.1.1.2 Performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur le taux d'humidité

Le paillage, pris de façon spécifique, est le principe qui a augmenté le plus le taux d'humidité du sol (23,2%) et l'association le moins (12%). La combinaison des principes de l'AC qui a le plus augmenté le taux d'humidité est celle du semis direct avec paillage (30,8%) et celle du semis direct avec association le moins (3,5%). L'effet cumulé de la combinaison des principes est inférieur à celui de la sommation des effets des principes pris de façon spécifique (figure 4).





Légende : Sd = semis direct ; Ass = association culturale ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = application simultanée du semis direct et de l'association culturale ; Sd\*Pa = application simultanée du semis direct et du paillage ; Sd\*Ass\*Pa = application simultanée du semis direct, de l'association culturale et du paillage.

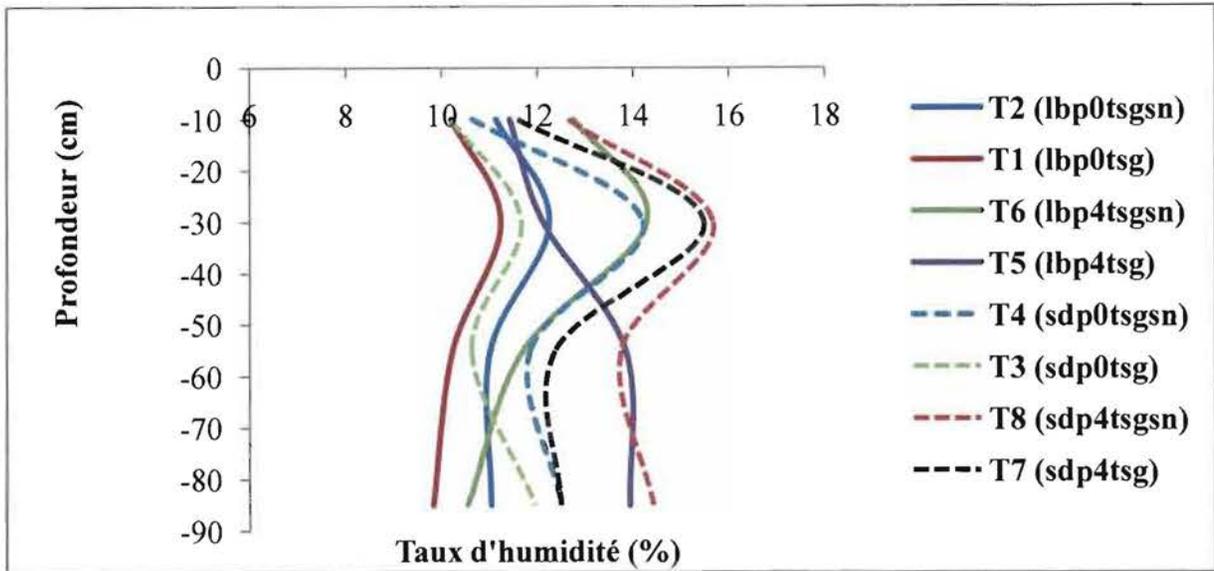
**Figure 4 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol au premier prélèvement sur 0 à 100 cm de profondeur.**

Pour ce premier prélèvement, on peut retenir que les traitements en semis direct avec paillage du sol ont les plus grands taux d'humidité du sol. Le traitement T7 (sdp4tsg) a enregistré les taux d'humidité les plus élevés. De ce fait, la combinaison du semis direct avec le paillage a, de façon spécifique ou combinée, le plus augmenté le taux d'humidité du sol. De façon spécifique, le paillage a le plus augmenté le taux d'humidité du sol au premier prélèvement et l'association le moins. La combinaison qui a le moins augmenté le taux d'humidité est celle du semis direct avec l'association.

### **3.1.1.2 Humidité du sol au deuxième prélèvement**

#### **3.1.1.2.1 Humidité du sol en fonction des traitements**

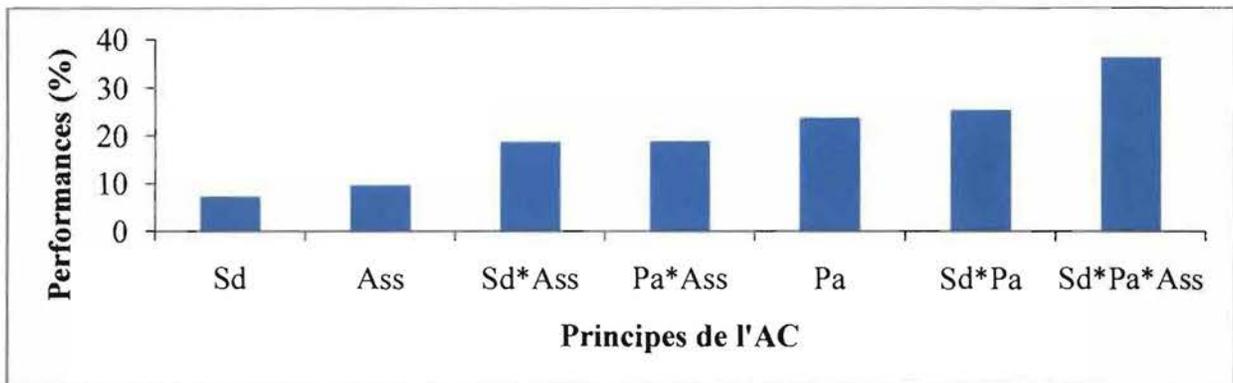
Les taux d'humidité du sol les plus élevés ont été enregistrés sur les traitements paillés entre 0 et 70 cm de profondeur que sur ceux non paillés (figure 5). De 0 à 20 cm de profondeur, le taux d'humidité le plus élevé a été enregistré sur le traitement T6 (12,2%) ; sur le traitement T8 de 20 à 40 et sur 70 à 100 cm (respectivement 15,7 et 14,4%) et sur le traitement T5 (13,8%) de 40 à 70 cm de profondeur. Les plus faibles taux d'humidité ont été enregistrés sur le traitement T1 de 0 à 20, 20 à 40, 40 à 70 et 70 à 100 cm de profondeur (respectivement 10,2 ; 11,2 ; 10,2 et 9,8%).



**Figure 5 : Humidité du sol au deuxième prélèvement**

### 3.1.1.2.2 Performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur le taux d'humidité

Les taux d'humidité les plus élevés ont été observés au niveau du paillage et de la combinaison des principes qui l'intègrent (figure 6). Pris de façon spécifique, le paillage a le plus augmenté le taux d'humidité du sol (23,7%) et le semis direct le moins (7,2%). Quant à la combinaison des principes, la combinaison des trois principes a le plus augmenté le taux d'humidité et celle du semis direct avec l'association le moins (18,8%).



Légende : Sd = semis direct ; Ass = association culturale ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = application simultanée du semis direct et de l'association culturale ; Sd\*Pa = application simultanée du semis direct et du paillage ; Sd\*Ass\*Pa = application simultanée du semis direct, de l'association culturale et du paillage.

**Figure 6 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol au deuxième prélèvement sur 0 à 100 cm de profondeur.**

On peut noter, pour ce deuxième prélèvement, que les taux d'humidité du sol les plus élevés ont été observés sur les traitements paillés et les plus faibles taux sur les traitements non paillés. De ce fait, la combinaison des trois principes de l'AC a, de façon spécifique ou

combinée, le plus augmenté le taux d'humidité du sol. De façon spécifique, le paillage a le plus augmenté le taux d'humidité du sol au deuxième prélèvement et le semis direct le moins. La combinaison du semis direct avec l'association est celle qui a le moins augmenté le taux d'humidité du sol.

### 3.1.1.3 Humidité du sol au troisième prélèvement

#### 3.1.1.3.1 Humidité du sol en fonction des traitements

Les taux d'humidité les plus élevés de 0 à 20 cm de profondeur ont été enregistrés sur les traitements paillés que sur ceux non paillés (figure 7). Le taux le plus élevé a été enregistré sur le traitement T7 (9,6%) et le plus faible sur le traitement T1 (7,0%). De 20 à 40 cm de profondeur, le taux d'humidité le plus élevé est trouvé sur le traitement T4 (13,7%) et de 40 à 70 cm sur le traitement T3 (14,2%). Le plus faible taux est enregistré sur le traitement T6 de 20 à 40 et de 40 à 70 cm de profondeur (respectivement 11,5 et 11,2%). De 70 à 100 cm de profondeur, le taux d'humidité le plus élevé a été enregistré sur le traitement T8 (14,8%) et le plus faible sur le traitement T4 (11,8%).

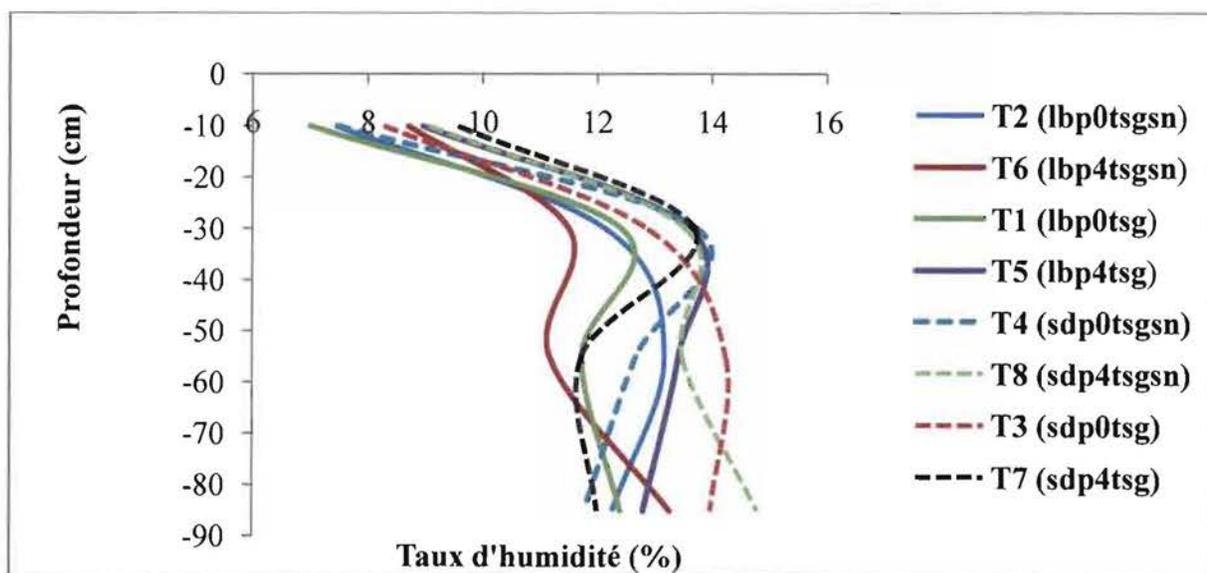
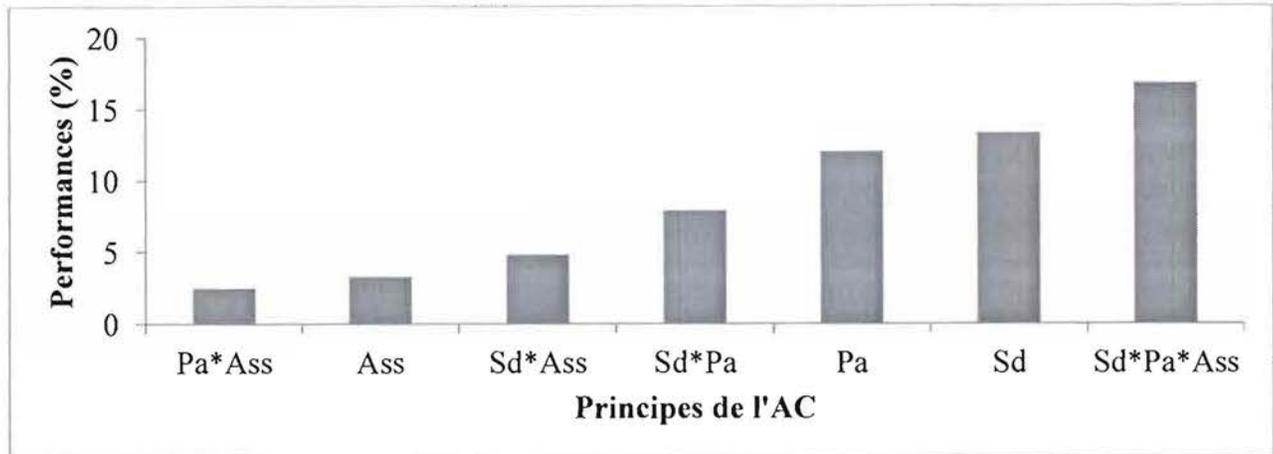


Figure 7 : Taux d'humidité du sol au troisième prélèvement

#### 3.1.1.3.2 Performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur le taux d'humidité

La figure 8 montre que l'effet spécifique du semis direct a le plus augmenté le taux d'humidité du sol (13,3%) et l'association le moins (3,3%). Au niveau de la combinaison des principes, la combinaison des trois principes a le plus augmenté le taux d'humidité du sol (16,8%) et celle du paillage avec l'association le moins (2,5%).

principes, la combinaison des trois principes a le plus augmenté le taux d'humidité du sol (16,8%) et celle du paillage avec l'association le moins (2,5%).



Légende : Sd = semis direct ; Ass = association culturale ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = application simultanée du semis direct et de l'association culturale ; Sd\*Pa = application simultanée du semis direct et du paillage ; Sd\*Ass\*Pa = application simultanée du semis direct, de l'association culturale et du paillage.

**Figure 8 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol au deuxième prélèvement sur 0 à 100 cm de profondeur.**

Nous pouvons retenir que les traitements en semis direct ont les plus grands taux d'humidité du sol au troisième prélèvement et les traitements en labour avec association les moins. La combinaison des trois principes est, de façon spécifique ou combinée, la combinaison qui a le plus augmenté le taux d'humidité du sol et celle du paillage avec association le moins. De façon spécifique, le semis direct a le plus augmenté le taux d'humidité du sol et l'association le moins.

### 3.1.2 Paramètres agronomiques des plants de sorgho

Dans cette section, il sera question d'étudier les dates d'apparition des différents stades phénologiques des plants de sorgho, le nombre de feuilles et la hauteur des plants et les rendements grain et paille du sorgho.

#### 3.1.2.1 Effets des traitements sur les stades phénologiques du sorgho

Le tableau 3 synthétise les dates d'apparition des différents stades phénologiques des plants de sorgho en fonction des traitements. On constate qu'il n'y a pas de différence au niveau des dates de levée des traitements paillés et ceux non paillés. Par ailleurs, le taux de levée le plus élevé a été enregistré sur les parcelles labourées (T1, T2, T5 et T6). Les premières nouaisons

et épiaisons ont été plus rapides sur les parcelles labourées avec paillage (T5 et T6). L'épiaison et la maturité de tous les plants ont été plus rapides sur les parcelles paillées (T5, T6, T7 et T8).

**Tableau 3 : Effets des principes de l'AC sur les stades phénologiques des plants de sorgho en fonction des traitements**

Traitements	taux levée	Dates des différents stades phénologiques des plants de sorgho (JAS)								
		levée	1 <sup>ère</sup>	50%	100%	1 <sup>ère</sup>	50%	100%	50%	100%
			nou	nou	nou	épi	épi	épi	ma	ma
T1 (lbp0tsg)	90	4	71	77	82	75	83	90	100	105
T2 (lbp0tsgsn)	92	4	70	76	82	72	82	90	98	103
T3 (sdp0tsg)	75	4	72	79	84	76	86	92	100	107
T4 (sdp0tsgsn)	89	4	72	78	83	78	83	91	99	105
T5 (lbp4tsg)	92	4	69	75	80	70	80	88	96	102
T6 (lbp4tsgsn)	92	4	70	75	81	71	81	89	97	102
T7 (sdp4tsg)	88	4	70	76	82	74	82	89	98	102
T8 (sdp4tsgsn)	87	4	70	76	80	73	81	89	97	103

Légende : nou = nouaison ; épi = épiaison ; ma = maturité ; JAS = jour après semis.

De ces résultats, on peut dire que le paillage accélère l'épiaison et la maturation du sorgho. Le semis direct a un effet négatif sur la germination donc ne permet pas d'obtenir un bon taux de levée. La combinaison du labour avec le paillage accélère la nouaison et l'épiaison du sorgho. Le paillage serait donc le principe de l'AC qui permet aux plants de sorgho d'accomplir le plus vite leur cycle de développement. Dans ces conditions de déficit et

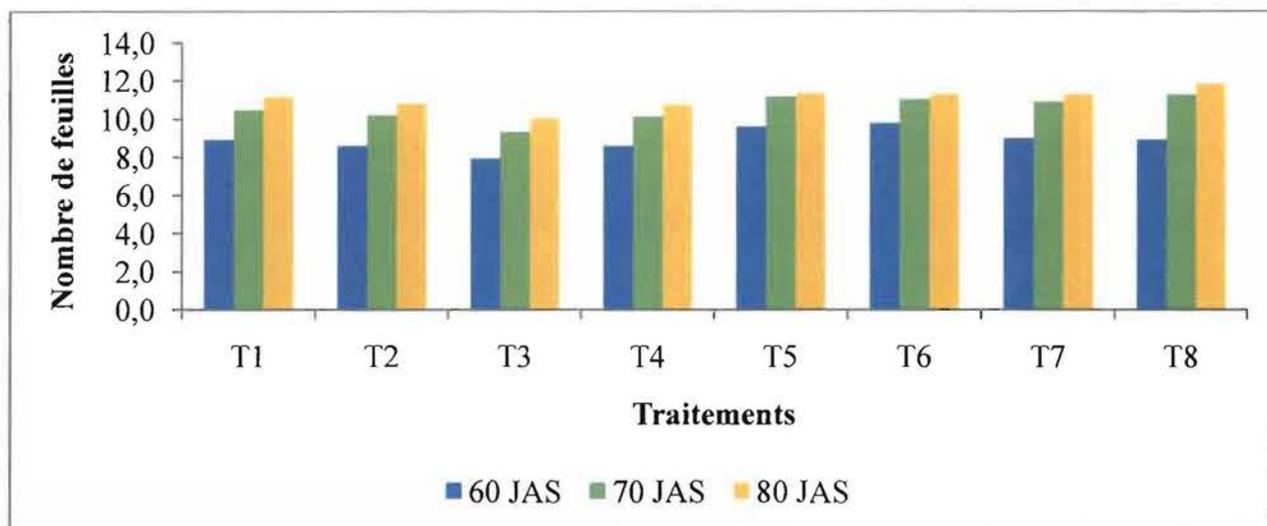
donc penser à pailler leurs parcelles ce qui permettrait de pallier les effets néfastes des épisodes de sécheresse pendant la campagne agricole.

### 3.1.2.2 Nombre de feuilles par plant (f/pl) de sorgho

#### 3.1.2.2.1 Nombre de feuilles par plant en fonction des traitements

La figure 9 présente le nombre de feuilles par plant dans les différents traitements. On constate que le nombre de feuilles est plus élevé sur les traitements avec paillage (T5, T6, T7, T8) que sur les traitements non paillés (figure 9). Le traitement T8 (semis direct, paillage, sorgho associé au niébé) a enregistré le plus grand nombre de feuilles au 80 JAS (11,8 feuilles) et le traitement T3 (semis direct, pas de paillage du sol, sorgho en culture pure) le plus petit nombre.

L'analyse de variance selon le test de Fisher (LSD) au seuil de 5% montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents traitements aux 60, 70 et 80 JAS (respectivement  $P = 0,052$  ;  $0,203$  et  $0,179$ ).



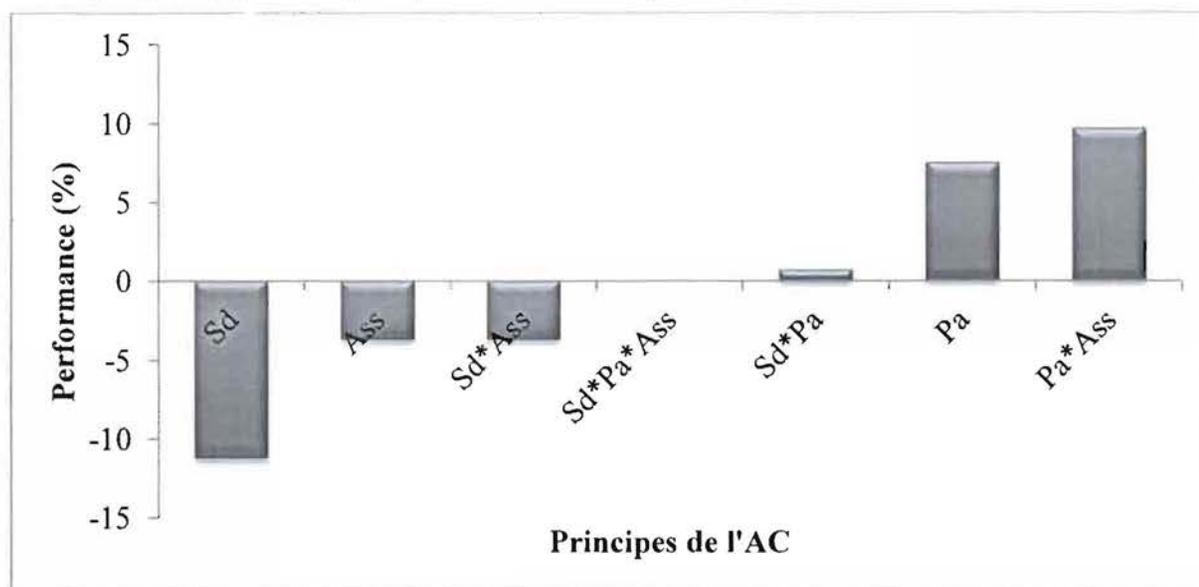
Légende : JAS = jour après semis

**Figure 9 : Nombre de feuilles par plant de sorgho en fonction des traitements**

#### 3.1.2.2.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le nombre de feuilles

L'application simultanée des trois principes de l'AC par rapport à la pratique traditionnelle de culture du sorgho (labour, sorgho en culture pure sans paillage du sol) n'a pas eu d'effet sur le nombre de feuilles du sorgho. Le semis direct, l'association et l'application simultanée de semis direct avec l'association ont diminué respectivement le nombre de feuilles du sorgho de

du semis direct avec l'association ont diminué respectivement le nombre de feuilles du sorgho de 11,2 ; 3,7 et 3,7%. Seuls les traitements avec paillage ont eu un effet positif sur le nombre de feuilles des plants de sorgho (figure 10). L'application simultanée du paillage et de l'association culturale est la combinaison qui a augmenté le plus le nombre de feuilles du sorgho par rapport à sa culture traditionnelle (9,7%). Le semis direct du sorgho en culture pure sans paillage du sol est le principe qui a diminué le plus le nombre de feuilles des plants de sorgho par rapport à la pratique traditionnelle (-11,2%).



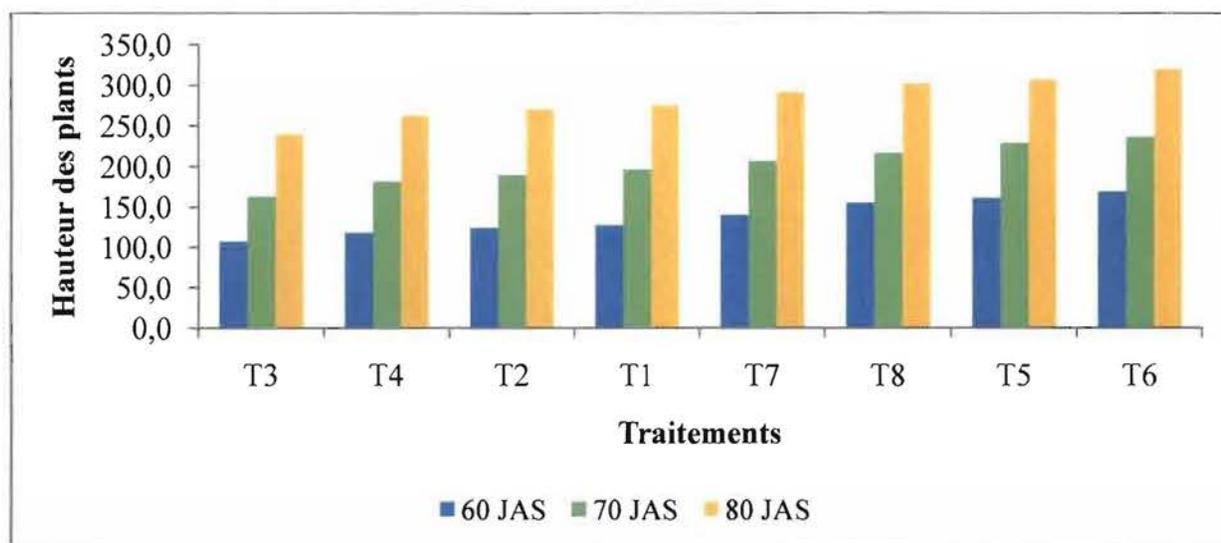
Légende : Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association

**Figure 10 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur le nombre de feuilles des plants de sorgho**

De ce qui précède, il ressort que les traitements paillés ont les nombres de feuilles les plus élevés que ceux non paillés. De façon spécifique, le paillage est le principe qui augmente le nombre de feuilles des plants de sorgho. Quant au semis direct et à l'association culturale, ils diminuent le nombre de feuilles des plants que la pratique traditionnelle. La combinaison des trois principes de l'AC a un effet nul sur le nombre de feuilles du sorgho. La combinaison du paillage avec l'association est, de façon spécifique ou combinée, la combinaison qui augmente le plus le nombre de feuilles du sorgho.

### 3.1.2.3.1 Hauteur des plants en fonction des traitements

Le paillage influence la hauteur des plants de sorgho. Il est apparu que les traitements avec paillage (T5, T6, T7 et T8) ont les plants de sorgho les plus grands comparativement aux traitements où le sol est laissé nu (figure 11). Parmi les parcelles paillées, celles qui sont en labour (T5 et T6) ont des pieds de sorgho plus grands que ceux des parcelles en semis direct (T7 et T8). Sur l'ensemble des trois mesures (figure 11), le traitement T6 (labour, paillage du sol, sorgho associé au niébé) a les plants les plus grands tandis que les plants les plus petits ont été notés dans le traitement T3 (semis direct, pas de paillage du sol, sorgho en culture pure).



Légende : JAS = jour après semis

**Figure 11 : Hauteur des plants de sorgho en fonction des traitements.**

Les traitements ont eu un effet significative sur la hauteur du sorgho selon les mesures effectuées aux différents stades de croissance des plants (Tableau 4). Ainsi, à 60 JAS on pouvait faire les regroupements suivants : la classe a (T3 et T4), la classe ab (T2), la classe abc (T1), la classe abcd (T7), la classe bcd (T8), la classe cd (T5) et la classe d (T6). Au 70 JAS, les traitements pouvaient être regroupés en classe a (T3), classe ab (T4), classe abc (T2), classe abcd (T1 et T7), la classe bcd (T8), la classe cd (T5) et la classe d (T6). A 80 JAS il n'y avait pas de différence significative entre les traitements ( $P = 0,055$ ).

**Tableau 4 : Hauteur des plants de sorgho en fonction des traitements**

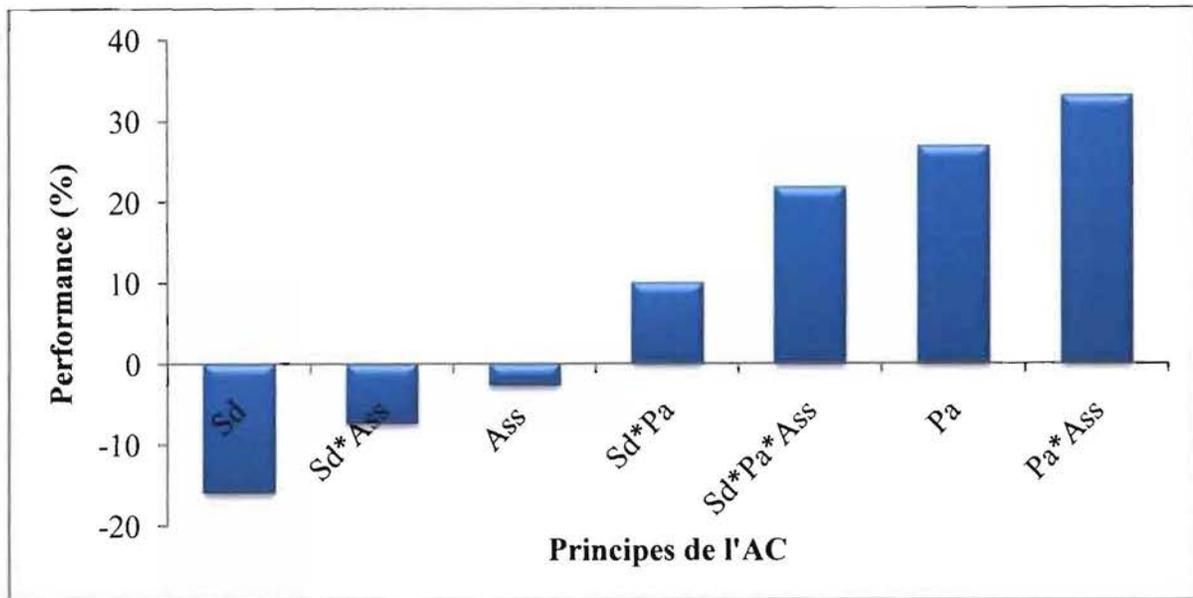
**Tableau 4 : Hauteur des plants de sorgho en fonction des traitements**

Traitements	Nombre de jours après semis		
	60	70	80
T1	126,9 <sup>abc</sup>	196,1 <sup>abcd</sup>	274,9 <sup>a</sup>
T2	123,5 <sup>ab</sup>	189,1 <sup>abc</sup>	270,7 <sup>a</sup>
T3	106,7 <sup>a</sup>	162,3 <sup>a</sup>	239,9 <sup>a</sup>
T4	117,5 <sup>a</sup>	181,3 <sup>ab</sup>	262,4 <sup>a</sup>
T5	160,9 <sup>cd</sup>	228,5 <sup>cd</sup>	307,2 <sup>a</sup>
T6	168,9 <sup>d</sup>	236,2 <sup>d</sup>	319,9 <sup>a</sup>
T7	139,7 <sup>abcd</sup>	206,6 <sup>abcd</sup>	292,1 <sup>a</sup>
T8	154,7 <sup>bcd</sup>	216,6 <sup>bcd</sup>	302,7 <sup>a</sup>
Pr > F	0,011	0,031	0,055
Signification	S	S	NS

Les moyennes, de la même colonne, suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Fisher (LSD). Légende : S : significatif ; NS : non significatif. Pr > F = probabilité observée

### *3.1.2.3.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur la hauteur des plants*

Le semis direct, l'association et l'application simultanée du semis direct avec l'association ont diminué respectivement la hauteur des plants de sorgho de -16 ; -7,4 et -2,7. Seuls les traitements avec paillage ont eu un effet positif sur la hauteur des plants de sorgho (figure 12). L'application simultanée du paillage et de l'association culturale est la combinaison qui a augmenté le plus la hauteur des plants du sorgho par rapport aux parcelles sous labour + sorgho en culture pure sans paillage (33,1%). Elle est plus performante que l'application simultanée des trois principes qui permet une augmentation de la hauteur des plants de sorgho de l'ordre de 21,8%. Le semis direct du sorgho en culture pure sans paillage du sol est le principe qui a diminué le plus la hauteur du sorgho par rapport à la pratique traditionnelle.



Légende : Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association.

**Figure 12 : Performances spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation sur la hauteur des plants de sorgho**

Pour ce qui est de la hauteur des plants de sorgho, nous pouvons retenir que les traitements paillés ont les pieds de sorgho les plus hauts que ceux non paillés. De façon spécifique, le paillage est le principe qui augmente la hauteur des plants du sorgho. Quant au semis direct et à l'association culturale, ils diminuent la hauteur des plants que la pratique traditionnelle. La combinaison du paillage et de l'association, de façon spécifique ou combinée, est celle qui augmente le plus la hauteur des plants du sorgho et le semis direct la réduit le plus.

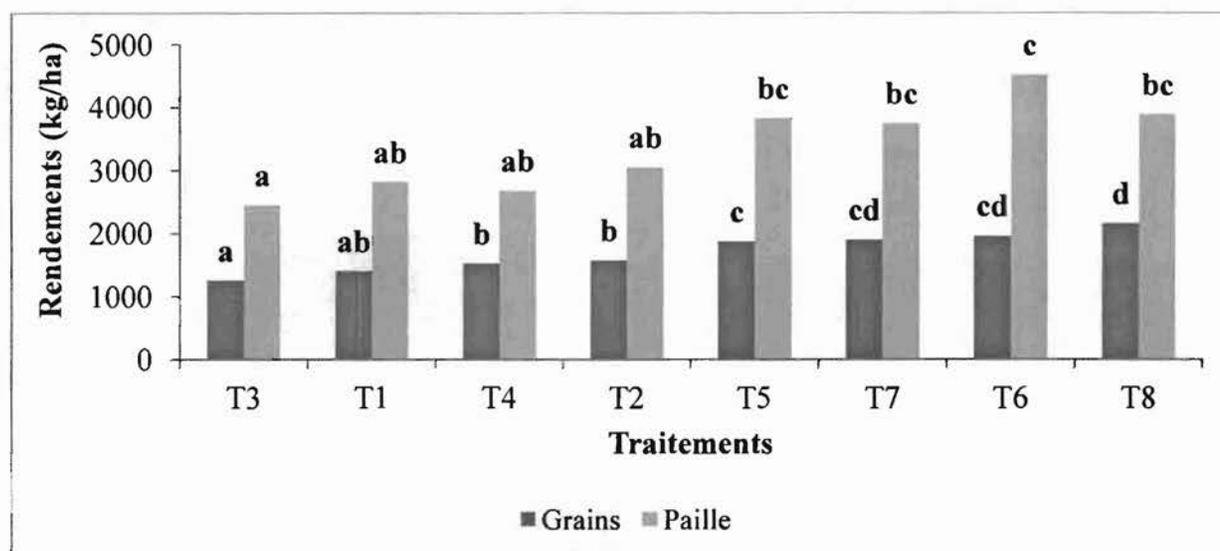
### 3.1.2.4 Rendements grain et paille du sorgho

#### 3.1.2.4.1 Rendements du sorgho en fonction des traitements

Le rendement grain le plus élevé a été observé sur le traitement T8 (2159,6 kg/ha) suivi du traitement T6 (1963,5 kg/ha). Par contre, le rendement paille du traitement T6 (4515,8 kg/ha) est supérieur à celui du traitement T8 (3882,5 kg/ha). Les plus faibles rendements grain et paille (respectivement 1256,1 et 2450,5 kg/ha) ont été observés au niveau du traitement T3. Le traitement T1 a 1408,2 et 2819,2 kg/ha respectivement comme rendement grain et paille du sorgho (figure 13). T8 étant le traitement sorgho en association avec le niébé sur semis direct avec paillage (l'application des trois principes de l'AC simultanément) et T1 étant le traitement sorgho en culture pure sur labour sans paillage du sol (pratique traditionnelle). Ce

résultat montre que l'AC comparativement à la pratique traditionnelle d'exploitation des terres permet d'augmenter les rendements grain et paille du sorgho.

L'analyse de variance révèle une différence significative au niveau des rendements grain et paille (respectivement  $P = 0,0001$  et  $0,049$ ).

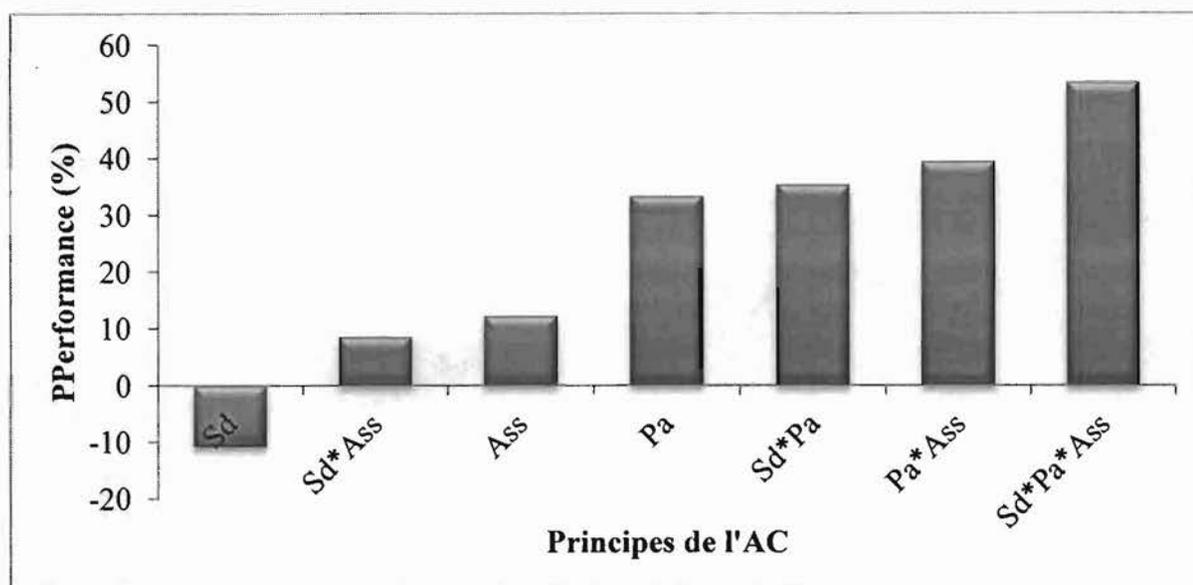


Les lettres indiquent les différentes classes de significativité au seuil de 5 %, selon le test Fisher (LSD). Les traitements ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents entre eux.

**Figure 13 : Rendements du sorgho en fonction des traitements**

#### 3.1.2.4.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le rendement grain

À l'exception du système semis direct en culture pure sans paillage, tous les principes de l'agriculture de conservation de façon spécifique ou combinée, ont augmenté le rendement grain du sorgho par rapport au système de culture traditionnel (figure 14). L'application simultanée des trois principes est celle qui a augmenté le plus le rendement grain du sorgho (53,4%). Le semis direct du sorgho en culture pure sans couverture du sol a fait baisser le rendement grain du sorgho que la pratique traditionnelle de culture du sorgho (-10,8%).

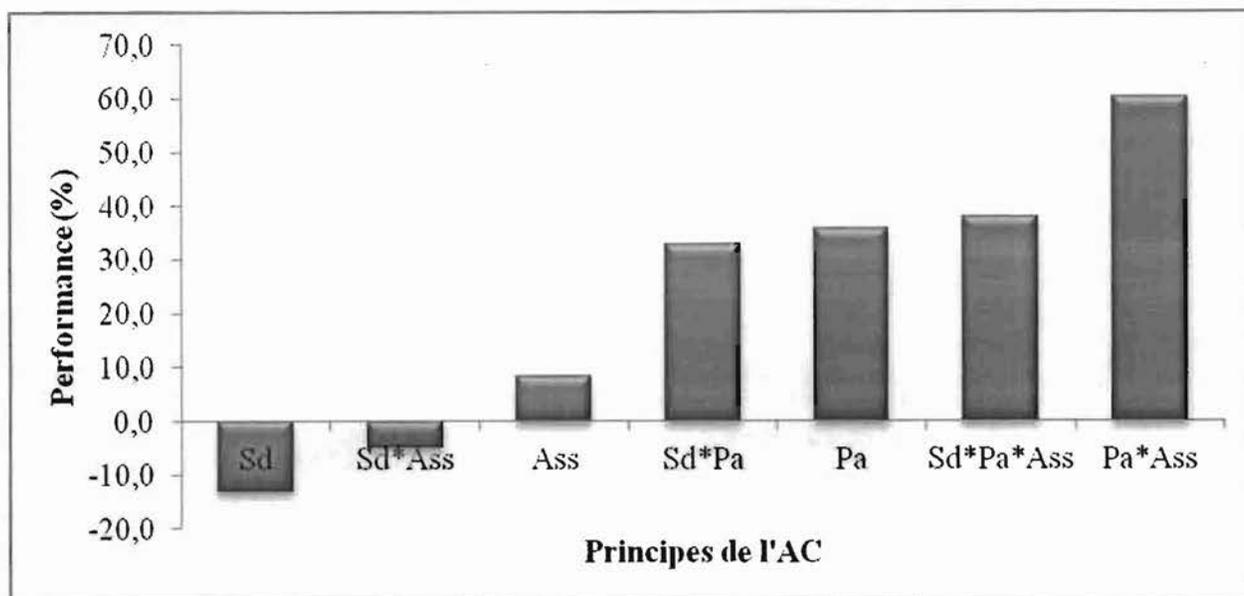


Légende : Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association.

**Figure 14 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur le rendement grain sorgho**

#### 3.1.2.4.3 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le rendement paille

Le semis direct de façon spécifique et sa combinaison avec l'association culturale ont eu des effets négatifs sur le rendement paille du sorgho respectivement de -13,1% et -4,9%. Les résultats résumés dans la figure 15 montrent que tous les autres principes de l'agriculture de conservation de façon spécifique ou combinée ont augmenté le rendement paille du sorgho par rapport à la culture traditionnelle du sorgho (labour, sorgho en culture pure sans paillage). La combinaison du paillage avec l'association culturale a permis d'augmenter le plus le rendement paille du sorgho (60,2%). Elle est plus performante que la combinaison des trois principes de l'AC qui a permis une augmentation de l'ordre de 37,7%.



Légende : Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association.

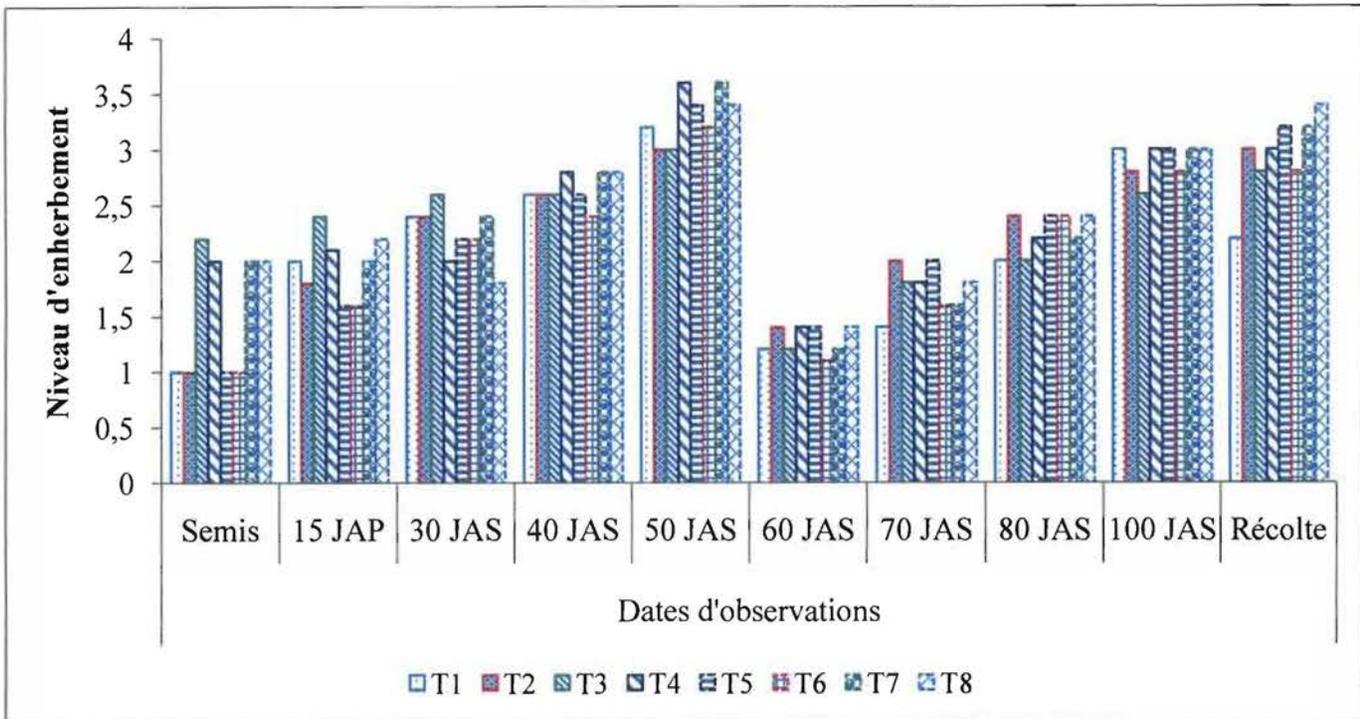
**Figure 15 : Effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur le rendement paille du sorgho**

De ce qui précède, il ressort que les traitements paillés produisent les rendements grain et paille les plus élevés. Le paillage de façon spécifique est le principe qui augmente le plus les rendements grain et paille du sorgho. La combinaison des trois principes est celle qui augmente le plus le rendement grain du sorgho alors que la combinaison du paillage et de l'association est celle qui augmente le plus le rendement paille du sorgho. Le semis direct a un effet négatif sur les rendements grain et paille du sorgho.

### 3.1.3 Taux d'enherbement des parcelles

#### 3.1.3.1 Taux d'enherbement en fonction des traitements

Le taux d'enherbement des traitements non paillés est plus élevé que celui des traitements paillés du semis jusqu'au 40 JAS. Par contre, du 50 JAS jusqu'au moment de la récolte, le taux d'enherbement des traitements paillés est plus élevé que celui des traitements non paillés. Il faut noter que le taux d'enherbement du traitement T8 (parcelle AC) a été plus élevé que celui du traitement T1 (parcelle témoins) tout au cours de la campagne agricole excepté au 30 JAS où le traitement T1 a un taux d'enherbement plus élevé que le traitement T8 (figure 16).



Légende : JAS = jour après semis

**Figure 16 : Taux d'enherbement en fonction du travail du sol, du paillage et des cultures**

L'analyse de variance montre une différence significative entre ces différents traitements au semis et au 15 JAS (respectivement  $P = 0,0001$  et  $0,046$ ). Au-delà du 15 JAS, elle ne donne pas de différence significative (tableau 5). Au semis, l'analyse statistique permet de regrouper les traitements en deux classes : la classe a (T1, T2, T5 et T6) et la classe b (T3, T4, T7 et T8) avec les traitements en semis direct comme étant la classe la plus enherbée (classe b). Au 15 JAS, elle permet un regroupement des différents traitements en cinq classes : la classe a (T5 et T6), la classe ab (T7), la classe abc (T4 et T7), la classe bc (T8) et la classe c (T3). Le traitement T3 (semis direct du sorgho en culture pure sans paillage) la classe la plus enherbée (classe c) et les traitements T5 (labour, sorgho en culture pure avec paillage) et T6 (labour, sorgho associé au niébé avec paillage) la classe la moins enherbée (classe a). Au-delà du 15 JAS, il n'y a pas de différence significative entre les traitements. L'analyse statistique permet de les regrouper en une seule classe de traitements (classe a). Au moment de la récolte, le traitement T8 (semis direct, paillage, sorgho associé au niébé) est plus enherbé que le traitement T1 (labour, pas de paillage du sol, sorgho en culture pure).

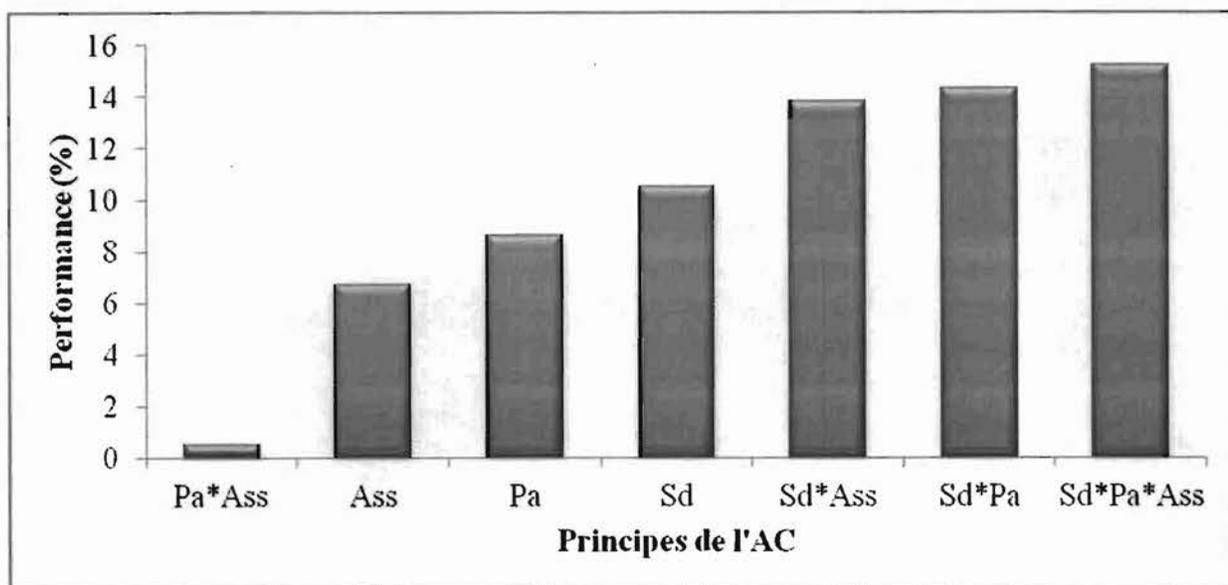
**Tableau 5 : Niveau d'enherbement en fonction des traitements**

Traitements	Dates d'observations									Récolte
	Semis	15 JAP	30 JAS	40 JAS	50 JAS	60 JAS	70 JAS	80 JAS	100 JAS	
T1	1,0 <sup>a</sup>	2,0 <sup>abc</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>
T2	1,0 <sup>a</sup>	1,8 <sup>ab</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>
T3	2,2 <sup>b</sup>	2,4 <sup>c</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>
T4	2,0 <sup>b</sup>	2,1 <sup>abc</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>
T5	1,0 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>
T6	1,0 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>
T7	2,0 <sup>b</sup>	2,0 <sup>abc</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>
T8	2,0 <sup>b</sup>	2,2 <sup>bc</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>
Pr > F	0,0001	0,046	0,491	0,997	0,99	0,931	0,928	0,96	0,991	0,601
Signification	S	S	NS							

Les moyennes d'une même colonne suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes entre elles. Légende :JAS = jour après semis ; S = significatif ; NS = non significatif ; Pr > F = probabilité observée

### ***3.1.3.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur le taux d'enherbement***

Tous les principes de l'agriculture de conservation pris de façon spécifique ou combinée ont augmenté le taux d'enherbement des parcelles que la pratique traditionnelle (figure 17) qui est du « labour, pas de paillage, sorgho en culture pure ». Le principe « association + paillage » est le principe qui a limité le plus le développement des mauvaises herbes que les autres principes de l'AC (0,5%). Hormis ce principe, l'application séparée des principes de l'AC a limité plus le développement des mauvaises herbes que leur application combinée. L'application simultanée des trois principes de l'AC est celle qui a favorisé le plus le développement des mauvaises herbes au niveau des exploitations (15,2%). L'association est le principe de façon spécifique qui a le plus limité le développement des mauvaises herbes (6,7%).



Légende : Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association.

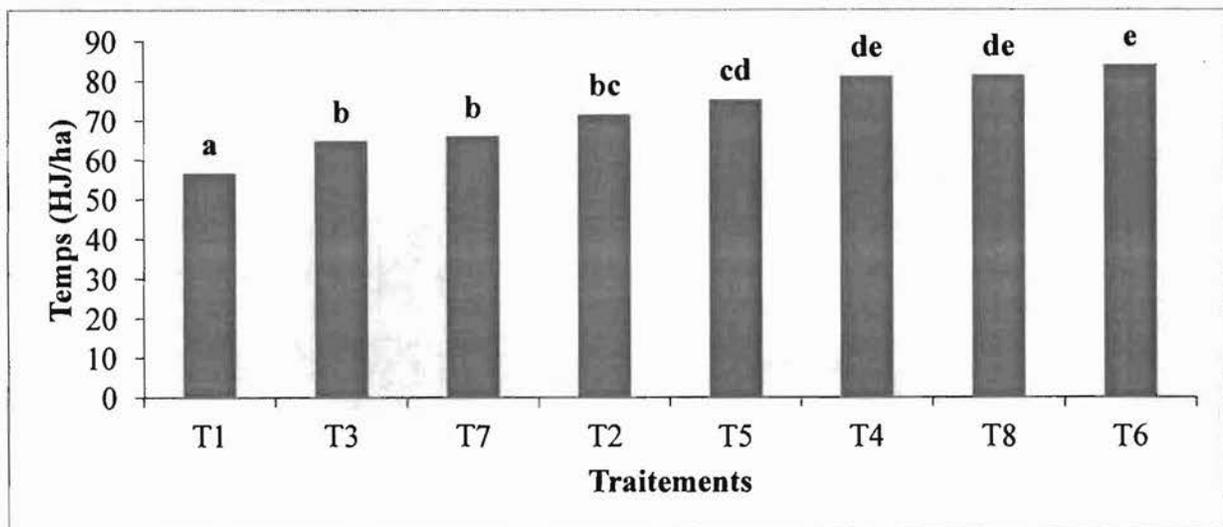
**Figure 17 : Performances (%) spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation sur le niveau d'enherbement des parcelles**

### 3.1.4 Temps de travaux

#### 3.1.4.1 Temps de travaux en fonction des traitements

Les plus grands temps de travaux ont été enregistrés sur les traitements de sorgho en association avec le niébé. Le temps de travail le plus élevé a été enregistré sur le traitement T6 (83,9HJ/ha) qui est une parcelle paillée, labourée, du sorgho en association avec le niébé. Le plus faible temps de travail a été enregistré sur le traitement T1 (56,7 HJ/ha) qui est une parcelle labourée du sorgho en culture pure sans paillage (figure 18).

L'analyse de variance révèle une différence significative entre les différents traitements ( $P = 0,001$ ). Elle permet de les séparer en six (06) classes distinctes : la classe a (T1), la classe b (T3 et T7), la classe bc (T2), la classe cd (T5), la classe de (T4 et T8) et la classe e (T6). Il est important ici de souligner la différence élevée du temps de travail entre les traitements T8 et T6. Le traitement T8 (semis direct du sorgho en association avec le niébé et avec paillage : parcelle AC) consomme plus de temps (81,4 HJ/ha que le traitement T1 (56,7 HJ/ha) qui est du « labour, sorgho en culture pure sans paillage » (parcelle témoins).

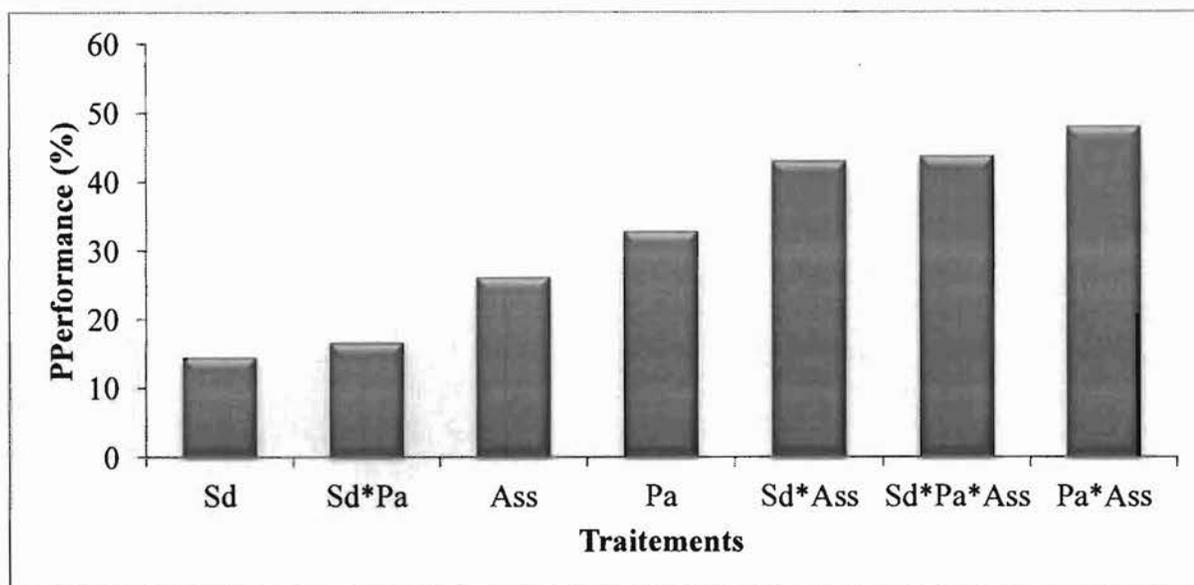


Les lettres indiquent les différentes classes de significativité au seuil de 5 %, selon le test Fisher (LSD). Les traitements ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents entre eux. Légende : HJ/ha = homme jour par hectare

**Figure 18 : Temps de travaux en fonction des traitements**

#### *3.1.4.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur les temps de travaux*

Tous les principes de l'agriculture de conservation de façon spécifique ou combinée ont augmenté les temps de travaux par rapport à la pratique traditionnelle (labour, sorgho en culture pure sans paillage du sol). D'une manière générale, l'augmentation des temps de travaux est plus importante au niveau de la combinaison des principes par rapport à l'application séparée des principes (figure 19). Pris de façon spécifique, le paillage est le principe de l'AC qui a augmenté le plus les temps de travaux au niveau des exploitations (32,8%). Cela est lié au temps de collecte et/ou au temps de la répartition de la paille sur les parcelles. En ce qui concerne la combinaison des principes, l'association culturale avec paillage est la combinaison qui a augmenté le plus les temps de travaux (48%). Son effet sur l'accroissement des temps de travaux est plus important que celui de la combinaison des trois principes de l'AC (semis direct, association culturale et paillage) qui est de (43,7%). Cela s'explique par le surplus de temps de travail du labour puisque le labour est le travail du sol au niveau de la combinaison du paillage et de l'association. Par contre au niveau de la combinaison des trois principes il n'y a pas de travail du sol donc pas de temps consacré au labour.



Légende : Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association.

**Figure 19 : Performances spécifiques et combinées des principes de l'agriculture de conservation sur les temps de travaux**

### 3.1.5 Paramètres économiques

#### 3.1.5.1 Paramètres économiques en fonction des traitements

Le tableau 6 synthétise les différentes valeurs des différents indicateurs économiques étudiés en fonction des traitements. Les traitements de sorgho en association avec le niébé ont les valeurs les plus élevées de la consommation intermédiaire. Mais ils sont aussi ceux qui ont les plus grandes valeurs des autres paramètres économiques des cultures (le produit brut, la marge brute, la productivité du travail, le ratio vente sur coût et le retour sur l'investissement). Dans cette catégorie de traitements en association, les traitements paillés ont enregistré les valeurs les plus élevées des paramètres économiques des cultures.

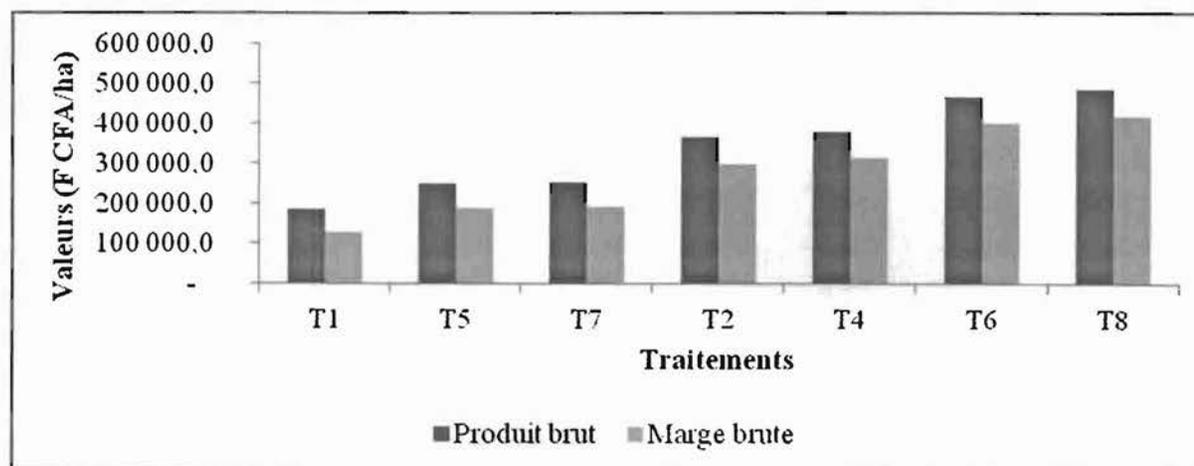
**Tableau 6 : Paramètres économiques en fonction des traitements**

	CI (F CFA)	PB (F CFA)	MB (F CFA)	Vw (FCFA)	RVC	RI
T1	59 587,5	187 760,0	128 172,5	2 260,5	3,2	2,2
T2	65 437,5	365 854,3	300 416,9	4 201,6	5,6	4,6
T3	60 612,5	167 480,0	106 867,5	1 646,7	2,8	1,8
T4	66 637,5	380 573,3	313 935,9	3 871	5,7	4,7
T5	61 912,5	250 333,3	188 420,8	2 502,3	4,0	3,0
T6	66 987,5	468 300,0	401 312,5	4 783,2	7	6
T7	60 762,5	254 000,0	193 237,5	2 923,4	4,2	3,2
T8	66 675	485 020,7	418 345,7	5 139,4	7,2	6,3

Légende : CI = consommation intermédiaire ; PB = produit brut ; MB = marge brute ; Vw = valorisation du travail ; RVC = ratio vente sur coût ; RI = retour sur l'investissement.

### 3.1.5.1.1 Le produit brut (PB) et la marge brute (MB)

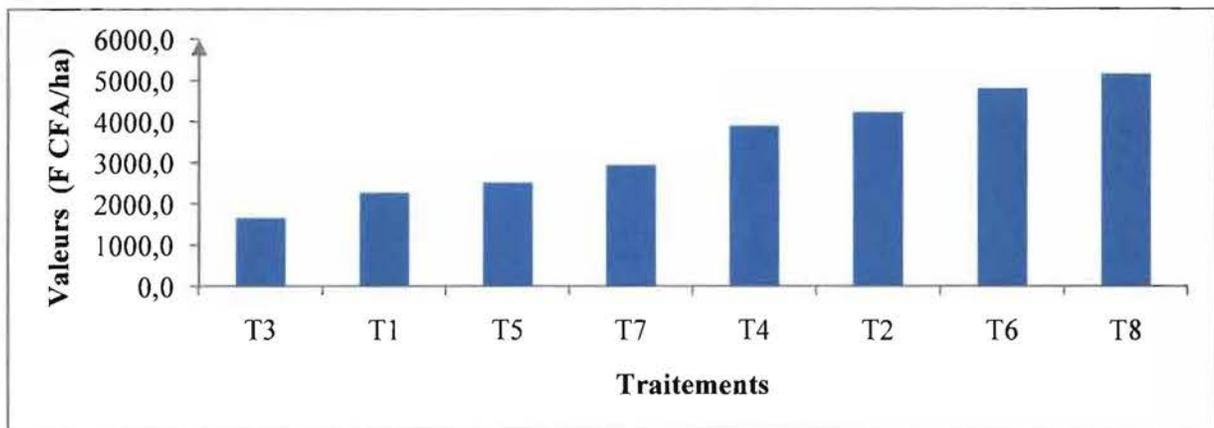
Le produit brut et la marge brute évoluent ensemble. Plus le produit brut est élevé, plus la marge brute l'est aussi. Les parcelles de sorgho en association avec le niébé ont enregistré les plus fortes valeurs de produit brut et de marge brute. À l'intérieur de ce lot, les parcelles paillées ont enregistré les valeurs les plus élevées du produit brut et de la marge brute (figure 20). Le produit brut et la marge brute les plus élevés (respectivement 485 020,7 F CFA et 418 345,7 F CFA) ont été observés avec le traitement T8 (semis direct, paillage du sol, sorgho associé au niébé) qui est la parcelle AC et les plus faibles (respectivement 167 480,0 F CFA et 106 867,5 F CFA) avec le traitement T3 (semis direct, pas de paillage, sorgho en culture pure).



**Figure 20 : Produit brut et marge brute en fonction des traitements en F CFA/ha**

### 3.1.5.1.2 Valorisation brute du travail ( $V_w$ ) ou productivité du travail

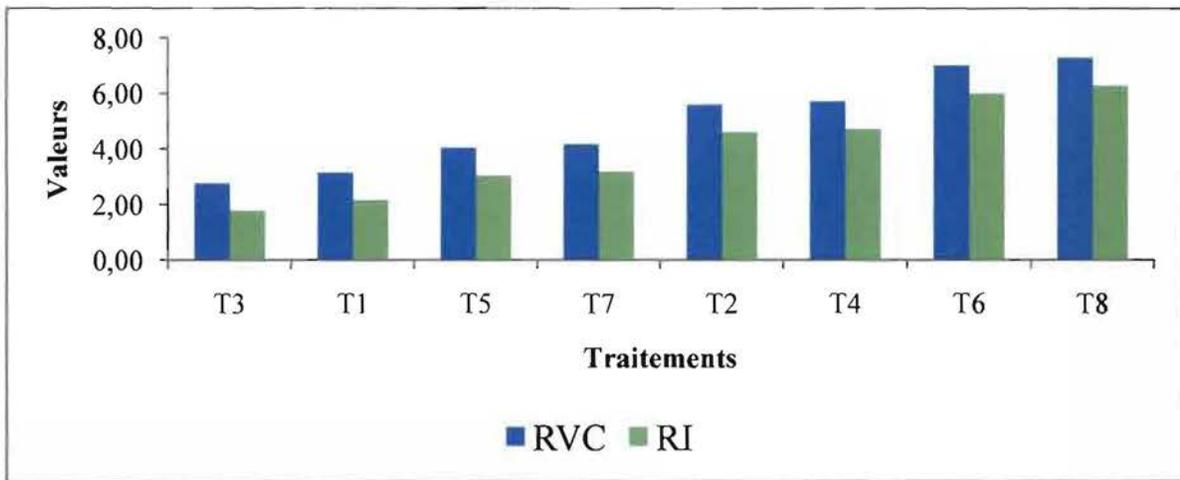
La valeur ajoutée brute du travail ou productivité du travail est plus élevée sur les parcelles de sorgho en association avec le niébé (figure 21). Dans ce lot, les valeurs les plus élevées ont été observées sur les parcelles paillées (T8 et T6 respectivement 5 139,4 F CFA et 4 783,2 F CFA). La plus faible valeur de productivité du travail a été observée avec le traitement T3 (1 646,7 F CFA).



**Figure 21 : Valeur ajoutée brute du travail ou productivité du travail en fonction des traitements en F CFA/ha**

### 3.1.5.1.3 Le ratio vente sur coût (RVC) et le retour sur investissement (RI)

Les valeurs du ratio vente sur coût (RVC) et celles du retour sur investissement (RI) évoluent ensemble. Plus la valeur du RVC est élevée, plus le RI est élevé. Les plus grandes valeurs du RVC et du RI ont été observées sur les parcelles de sorgho en association avec le niébé (figure 22). Dans ce lot, les valeurs les plus élevées ont été observées sur les parcelles paillées (T8 et T6). Les plus fortes valeurs de RVC et de RI (respectivement 7,3 et 6,3) ont été observées sur le traitement T8 et les plus faibles (respectivement 2,8 et 1,8) avec le traitement T3.



Légende : RCV = ration vente sur coût ; RI = retour sur investissement

**Figure 22 : Ratio vente sur coût et retour sur l'investissement en fonction des traitements**

### *3.1.5.2 Effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur les résultats économiques*

Le tableau 7 synthétise les performances spécifiques et combinées des principes de l'AC sur les résultats économiques de l'exploitation. Tous les principes de l'agriculture de conservation, de façon spécifique ou combinée, excepté le semis direct sans paillage et sans association, ont augmenté les performances économiques de l'exploitation. L'association culturale est le principe qui a augmenté le plus les performances économiques de l'exploitation. Les traitements incluant l'association culturale ont de ce fait les meilleures performances économiques (tableau 7). La combinaison des trois principes de l'AC a donné les bonnes performances économiques. Elle est suivie de la combinaison « association culturale avec paillage ». Le semis direct du sorgho en culture pure sans paillage a diminué les performances économiques de l'exploitation.

**Tableau 7: Performances (%) spécifiques et combinées des principes de l'AC sur les paramètres économiques de l'exploitation**

	Principes de l'AC	Paramètres économiques de l'exploitation				
		PB	MB	Vw	RVC	RI
Effets spécifiques	Sd	-10,8	-16,6	-27,2	-12,3	-18,0
	Ass	94,9	134,4	85,9	77,4	113,4
	Pa	33,3	47,0	10,7	28,3	41,5
Effets combinés	Sd*Ass	102,7	144,9	71,2	81,2	119,0
	Sd*Pa	35,3	50,8	29,3	32,7	47,8
	Ass*Pa	149,4	213,1	111,6	121,9	178,5
	Sd*Ass*Pa	158,3	226,4	127,4	130,9	191,7

Légende. Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association; PB = produit brut ; MB = marge brute ; Vw = productivité du travail ; RVC = ratio vente sur coût ; RI = retour sur l'investissement.

### 3.1.5.3 Synthèse des principaux résultats

Le tableau 8 donne la synthèse des principaux résultats obtenus pour la présente étude. Il ressort que les différents principes de l'AC ont des effets variables en fonction du paramètre étudié.

Tous les principes de l'AC ont permis une amélioration du taux d'humidité du sol ce qui est très important dans nos contextes de pluviométrie déficitaire et irrégulière. L'application des principes de l'AC permettrait donc aux plants de mieux se développer surtout durant les périodes de poches de sécheresse. Le paillage est le principe de façon spécifique qui a le plus augmenté le taux d'humidité (19,8%). Il a aussi de façon spécifique le plus augmenté le rendement grain du sorgho (33,3%). Mais ce principe a le plus augmenté les temps de travaux sur l'exploitation (32,8%). Malgré que le paillage soit le principe qui augmente le plus le taux d'humidité et le rendement grain du sorgho, son effet est moindre par rapport à celle de la combinaison des trois principes de l'AC qui a le plus augmenté le taux d'humidité du sol (25,2%) et le rendement grain du sorgho (53,4%). C'est donc dire que l'application d'un principe de l'AC peut permettre d'améliorer un paramètre donné mais la combinaison des principes permet d'obtenir de plus grands effets. La combinaison des principes serait donc la mieux indiquée pour une amélioration soutenue des différents paramètres étudiés.

Le semis direct a entraîné une baisse du rendement grain et de la marge brute des cultures. Cependant, malgré que tous les principes de l'AC ont augmenté les temps de travaux sur l'exploitation, ce principe a le moins augmenté ce paramètre. Il a donc permis de faire un gain de temps par rapport aux autres principes. Cela est important à noter surtout en début de campagne puisqu'il permet une installation rapide des cultures dans un contexte où les conditions climatiques entraînent une réduction de la période d'installation des cultures.

Au niveau du taux d'enherbement des parcelles, aucune des principes de l'AC n'a permis une limitation du développement des mauvaises herbes que la pratique conventionnelle (labour, sorgho en culture pure). Tous les principes de l'AC ont donc entraîné une augmentation du taux d'enherbement des parcelles. Mais, l'association a le plus limité le développement des mauvaises herbes que les autres principes de l'AC (6,7%). Elle a aussi de façon spécifique le plus augmenté la marge brute des cultures (134,4%). Cet effet de l'association sur le taux d'enherbement des cultures est moindre que celui de sa combinaison avec le paillage qui a permis une augmentation de 0,5% du taux d'enherbement. Aussi, son effet sur la marge brute est moindre que celui de la combinaison des trois principes de l'AC qui a permis une augmentation de la marge brute de 226,4%. Ces résultats témoignent encore une fois de plus le fait qu'un principe de l'AC peut favoriser une amélioration d'un paramètre donné mais cela reste peu efficace que l'effet de la combinaison des principes.

**Tableau 8 : Performances spécifiques et cumulés des principes de l'AC sur les principaux paramètres étudiés en pourcentage (%)**

Effets des principes de l'AC (%)		Paramètres étudiés				
		Humidité du sol	Enher- bement	Temps de travaux	Rendement grain	Marge brute
Spécifiques	Sd	11,4	- 10,5	- 14,5	-10,8	-16,6
	Ass	8,5	- 6,7	- 26,1	12,2	134,4
	Pa	19,8	- 8,6	- 32,8	33,3	47
Effets  Cumulés	Sd*Ass	8,6	- 13,8	- 43	8,5	144,9
	Sd*Pa	21,7	- 14,3	- 16,6	35,3	50,8
	Pa*Ass	9,8	- 0,5	- 48	39,4	213,1
	Sd*Pa*Ass	25,2	- 15,2	- 43,7	53,4	226,4

Légende. Sd = semis direct ; Ass = association ; Pa = paillage ; Sd\*Ass = semis direct et association ; Sd\*Pa = semis direct et paillage ; Pa\*Ass = paillage et association ; Sd\*Pa\*Ass = semis direct, paillage et association.

En sommes, le semis direct de façon spécifique augmente le moins les temps de travaux sur l'exploitation. Le temps de travail de la combinaison du semis direct et du paillage est moindre que celui du paillage pris isolément. La combinaison du paillage et de l'association culturale favorise le moins le développement des mauvaises herbes sur les cultures. La combinaison des trois principes de l'AC augmente le plus le taux d'humidité, le rendement grain du sorgho et la marge brute des cultures.

## **3.2 Discussions**

Les résultats ont montré que les principes de l'AC ont des effets divers sur les paramètres agronomiques et économiques des cultures. Un principe peut être peu performant sur un paramètre et être plus performant sur un autre. Ce constat soulève deux grandes questions : (i) quels sont les déterminants des effets des principes de l'AC et (ii) l'agriculture de conservation est-elle divisible, autrement-dit les producteurs peuvent-ils se satisfaire d'une adoption partielle des principes de l'AC ?

### **3.2.1 Les déterminants des principes de l'AC**

#### ***3.2.1.1 Effet des traitements sur le taux d'humidité du sol***

Tous les principes de l'AC de façon spécifique augmentent le taux d'humidité du sol. Le paillage de façon spécifique a le plus augmenté le taux d'humidité du sol. Ce résultat peut s'expliquer par la réduction du ruissellement et de l'évaporation de l'eau au niveau du sol. En effet, la paille joue un effet écran empêchant le contact direct du soleil avec la surface du sol. Cela a pour conséquence la création d'un micro climat favorable à la conservation de l'eau dans les sols paillés. Ce résultat est en accord avec ceux de Barro *et al.* (2008), Linger *et al.* (2011), Barthes *et al.* (2008) et Dounias (2001) qui ont montré que le paillage limitent l'évaporation et le ruissellement au niveau des parcelles. L'effet positif du semis direct sur le taux d'humidité du sol a été démontré par CRAAQ (2000), Brévault *et al.* (2005), Mrabet *et al.* (2006) et Moussadek *et al.* (2011). Aussi, la plupart des auteurs s'accordent sur le fait qu'en semis direct l'humidité de surface est supérieure à celle d'un labour ou d'un pseudo-labour (ADEME, 2007, Shelton *et al.*, 1998). Quant à l'association culturale, son efficacité à augmenter le taux d'humidité du sol est liée à l'effet cumulé des plants de sorgho et du niébé à limiter le ruissellement d'eau, donc à augmenter l'infiltration d'eau dans le sol. Selon

Zougmoré *et al.* (2000) l'association du sorgho et du niébé permet une réduction du ruissellement de 20 à 30% et de 5 à 10% respectivement par rapport à la culture pure de sorgho et du niébé ; ce qui a pour conséquence la réduction de l'érosion de 80% par rapport à la culture pure de sorgho et de 45 à 55% par rapport à la culture pure du niébé. L'effet positif de la combinaison des trois principes de l'AC sur le taux d'humidité du sol est peut être attribué au cumul des effets bénéfiques des trois principes pris isolément.

### ***3.2.1.2 Effet des traitements sur les paramètres agronomiques***

Le paillage et sa combinaison avec l'association culturale sont les principes de l'AC qui, de façon spécifique et combinée, augmentent le plus les performances agronomiques des cultures. Cela est lié à l'effet du paillage et de la culture associée à augmenter la teneur en eau mais aussi certainement la fertilité du sol comme le soutiennent plusieurs auteurs. Selon Linger *et al.* (2011), le paillage augmente la réserve d'eau du sol. Roy *et al.* (2005) ont démontré que le paillage permet un apport d'éléments minéraux au sol grâce à la présence de la matière organique. Quant à l'association culturale, le sorgho en association avec le niébé bénéficie d'un surplus d'azote lié à l'effet positif du niébé sur l'augmentation de la teneur du sol en azote (Scopel *et al.*, 2008 ; Koulibaly *et al.*, 2010 ; Tougiani, 2012). Par ailleurs, il est reconnu que les légumineuses peuvent contribuer à améliorer le taux de phosphore pour les céréales à travers l'augmentation de la disponibilité de l'élément chimique phosphore et l'activité microbiologique du phosphore assimilable (Alvey *et al.*, 2001 cité par Tougiani, 2012). Cette amélioration de la teneur en phosphore dans le sol est de nature à contribuer à l'accroissement des rendements du sorgho. Dans le même sens, Morel (1996), Zougmoré *et al.* (2000), Bado (2002), Liniger *et al.* (2011) ont démontré que l'association d'une légumineuse à la céréale accroît le rendement de la dernière.

### ***3.2.1.3 Effets des traitements sur le taux d'enherbement des parcelles***

Tous les principes de l'AC de façon spécifique ou combinée ont augmenté le taux d'enherbement des parcelles. L'effet du semis direct à augmenter le taux d'enherbement des parcelles s'explique par le fait que le labour permet d'enfouir en profondeur les mauvaises herbes déjà émergées mais aussi les graines de celles stockées à la surface du sol (ADEME, 2007) et cela inhibe leur germination au cours de la même campagne agricole. Mais l'association et sa combinaison avec le paillage sont les principes de l'AC de façon spécifique et combinée qui limitent le mieux le développement des mauvaises herbes sur les cultures.

L'effet du paillage et de l'association culturale à augmenter le taux d'enherbement est certainement lié au taux d'humidité élevé sur ces traitements. En effet, le taux d'humidité du sol a été plus élevé sur ces traitements surtout entre 0 et 40 cm de profondeur, profil dans lequel évolue le système racinaire des mauvaises herbes, que sur ceux en labour sans paillage et sans association culturale. Sur ces derniers traitements, le sol se desséchait plus vite surtout en surface ce qui n'a pas favorisé le développement des mauvaises herbes. Ces résultats de l'association et du paillage à augmenter le taux d'enherbement des parcelles ne sont pas en accord avec ceux trouvés dans la littérature. Selon Dounias (2001), la couverture morte ou vivante gêne le développement des adventices en faisant écran au passage de la lumière. Derpsch *et al.* (1991) cités par Dounias, (2001) abondent dans le même sens en soulignant que plus le mulch est épais, plus le contrôle des adventices est efficace. D'autres auteurs tels que Linger *et al.*, (2011) ont démontré que le paillage limite le développement des mauvaises herbes et leur production de graines. Quant à l'association culturale, Alsaadawi et Dayan (2009) cités par Baldé (2011) soutiennent que la plante de couverture occupe l'espace laissé vide par la culture principale et contribue à la réduction de la pression des mauvaises herbes par ombrage et/ou allélopathie. D'autres auteurs tels que Brooker *et al.* (2008) cités par Baldé (2011) ont démontré que la présence d'une plante de couverture réduit la compétition entre la mauvaise herbe et la culture principale et favorise indirectement cette dernière.

#### ***3.2.1.4 Effets des traitements sur les temps de travaux des opérations culturales***

Tous les principes de l'AC pris isolément ou en combinaison augmentent les temps de travaux. Le semis direct de façon spécifique ou combinée est le principe de l'AC qui augmente le moins les temps de travaux. L'effet du semis direct est lié à la difficulté de réalisation de certaines opérations culturales sur le semis direct telles que le semis et le premier sarclage. Celui du paillage s'explique par le temps de collecte et/ou de répartition de la paille sur les traitements. Quant à l'association culturale, son effet à augmenter les temps de travaux est lié aux temps additionnels des opérations culturales spécifiques au niébé à ceux du sorgho telles que les temps du semis et de récolte du niébé, mais aussi à la pénibilité des travaux. Il est apparu qu'il est plus facile de réaliser les travaux de sarclage sur les parcelles en culture pure que sur celles avec associations culturales. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bougoum (2012). Le fait que le temps de travail de la combinaison du paillage et du semis direct soit moindre que celui du paillage pris isolément s'explique par fait que le travail du sol au niveau du paillage pris séparément est le labour. Il y a donc une addition du temps

de travail du labour au niveau du paillage pris isolement ce qui est absent au niveau de l'application simultanée du paillage avec le semis direct.

### **3.2.1.5 Effets des traitements sur les paramètres économiques**

L'association culturale est de façon spécifique le principe qui augmente le plus les paramètres économiques des cultures. Cela est lié aux rendements additionnels grain et fane du niébé au rendement grain du sorgho, surtout que le niébé coûte plus cher que le sorgho (216,7 F CFA/kg de niébé contre 133,3 F CFA/kg de sorgho). En tenant compte de tous les principes de l'AC de façon spécifique ou combinée, la combinaison des trois principes augmente le plus les paramètres économiques des cultures. Cela est lié non seulement à l'effet combiné positif des principes de l'AC (semis direct, paillage et association culturale) à augmenter le rendement grain du sorgho, mais aussi aux rendements grain et fanes additionnels du niébé au rendement grain du sorgho. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bougoum (2012) qui avait démontré que la combinaison des trois principes de l'AC permet d'augmenter la valeur ajoutée, la productivité du travail et le retour sur investissement respectivement de 3,4 fois, 1,5 fois et 219,9%. D'autres auteurs tels que Djamen *et al.* (2005 ; 2013) et Soco (2009) ont abondé dans le même sens ; selon eux, l'AC permet d'augmenter les revenus nets au sein de l'exploitation par l'optimisation de la rentabilité de l'activité agricole. Le semis direct a entraîné une baisse du produit brut, de la marge brute, de la productivité du travail, du ratio vente sur coût et du retour sur investissement respectivement de 10,8% ; 16,6% ; 27,2% ; 12,3% et 18%. Cela est lié à l'effet négatif du semis direct sur les performances agronomiques des plants. Bougoum (2012) avait trouvé des résultats similaires. Cet auteur avait constaté que le semis direct du sorgho en culture pure sans paillage entraîne une baisse de la marge brute, de la productivité du travail et du retour sur investissement respectivement de 40% ; 45% ; et 40%. Cet effet négatif du semis direct sans paillage a été perçu par Barro *et al.* (2011) et Zougmoré *et al.* (1995).

### **3.2.2 L'application optionnelle des principes de l'AC**

Les résultats de l'étude ont montré que d'un paramètre à l'autre, les principes de l'AC ont des effets variés. Pendant que le paillage a l'effet spécifique le plus élevé sur l'augmentation du taux d'humidité du sol, l'association a l'effet spécifique le plus élevé au niveau des paramètres économiques des cultures. Également, tant dis que la combinaison des trois principes de l'AC augmente le plus le rendement grain du sorgho, c'est la combinaison du

paillage et de l'association qui augmente le plus le rendement paille du sorgho. Aussi, pendant que le semis direct est le principe qui baisse le plus les performances agronomiques et économiques des cultures, il augmente le moins les temps de travaux sur l'exploitation. Djamen *et al.* (2013) estiment que cette variabilité des effets spécifiques des principes de l'AC serait à l'origine des dynamiques d'adoption partielle de l'AC observée au niveau des exploitations agricoles. En effet, le producteur choisit d'appliquer principalement le principe ou la combinaison des principes qui lui permet d'améliorer ses résultats sans engendrer de nouvelles contraintes insurmontables.

La zone d'étude étant une zone semi-aride, les questions de pluviosité qui est déficitaire et irrégulière et de niveau de fertilité des sols bas se posent. Il faut des pratiques qui vont améliorer le niveau de fertilité et le taux d'humidité du sol afin de sécuriser les productions des cultures. Le paillage étant le principe qui dans notre contexte d'étude a le plus augmenté le taux d'humidité du sol est le mieux conseillé. Il serait judicieux dans une optique de diffusion d'encourager les producteurs à combiner des principes qui donnent de meilleurs résultats agronomiques et économiques que d'appliquer séparément les principes s'ils veulent augmenter plus leurs bénéfices. La combinaison du paillage avec l'association est celle la mieux indiquée à cet effet.

Cependant, il faut noter que les bénéfices de l'agriculture de conservation ne s'observent pas uniquement sur le court et le moyen terme, les effets les plus importants sont souvent observés sur le long terme (Seguy *et al.*, 2007). Par ailleurs, notre étude a montré nettement que les effets combinés sont plus importants que les effets spécifiques, l'application des trois principes permet d'obtenir une diversité de bénéfices plus large comparativement à la mise en application de seulement un ou deux principes.

## Conclusion et recommandations

L'agriculture de conservation constitue un changement sociotechnique important pour les producteurs de la zone semi-aride du Burkina Faso. Sa promotion réussie dans cette zone demande de meilleures connaissances sur le potentiel et l'intérêt de ses différents principes. Notre étude a contribué à réduire le déficit de connaissances sur les bénéfices spécifiques de chacun des principes et sur l'intérêt de les combiner dans une optique d'amélioration des performances agronomiques et économiques des cultures.

L'étude a montré que le travail minimal du sol, le paillage et la diversification des cultures qui constituent les principes de l'AC influencent différemment les performances agronomiques et économiques des cultures. Le semis direct améliore le taux d'humidité du sol, mais il a un effet négatif sur les paramètres agronomiques et économiques des cultures, il constitue par ailleurs le principe qui augmente le moins les besoins en main d'œuvre. Le paillage est le principe de l'AC qui augmente le plus les performances agronomiques du sorgho ainsi que le taux d'humidité du sol. L'association culturale aide à diversifier les productions et à augmenter très significativement les performances économiques.

Les effets combinés des principes de l'AC sont supérieurs aux effets spécifiques, les contraintes de certains principes étant compensés par les bénéfices d'autres principes. Par exemple, le paillage permet de réduire les effets négatifs du semis direct sur les performances agronomiques. L'association culturale contribue à augmenter les résultats économiques des systèmes avec paillage. Cette complémentarité entre les effets des différents principes explique pourquoi les systèmes de culture intégrant les trois principes génèrent les bénéfices les plus importants et les plus larges. Ainsi, nous pouvons dire que l'hypothèse générale de l'étude à savoir : « la combinaison des principes de l'agriculture de conservation donne de meilleurs résultats au niveau des paramètres agronomiques et économiques des cultures que leur application séparée » a été vérifiée.

L'importance des effets combinés des principes de l'AC ne devrait pas faire oublier que cette technologie représente un changement assez important par rapport aux pratiques agricoles actuelles. Aussi, il apparaît pertinent que l'introduction de l'AC dans les exploitations se fasse de façon progressive en commençant par le principe qui génère

rapidement les bénéfiques (association culturale), tandis que l'introduction du principe dont les effets sont moins importants voire négatifs (semis direct) doit intervenir en dernier lieu. L'adoption du paillage interviendrait en deuxième lieu. Par ailleurs, les effets bénéfiques de l'AC ne devraient pas faire oublier que l'application de ses principes engendre des contraintes plus ou moins spécifiques que le producteur devra gérer. En autres défis, qui apparaissent, on peut citer : la production et la conservation d'une quantité suffisante de paille pour la couverture du sol, la recherche de la main d'œuvre supplémentaire pour faire face au surcroît du temps de travail, la gestion de l'enherbement.

Pour mieux valoriser et valider les résultats de la présente étude, nous recommandons :

❖ à la direction de ACT :

- d'analyser les échantillons de sol que nous avons eu à prélever ce qui permettra d'évaluer les effets spécifiques et combinés des principes de l'AC sur l'aggradation des propriétés du sol dont le pH, la teneur en matière organique, la teneur du sol en éléments minéraux ( azote, phosphore, potassium et autres éléments) ;

- de poursuivre l'expérimentation au moins une année de plus pour confirmer ou infirmer l'effet de l'AC sur le taux d'enherbement des parcelles et parallèlement cela permettra de consolider les effets des principes sur les autres paramètres étudiés ;

- de reprendre la même expérimentation dans les différentes zones agroclimatiques du Burkina Faso et dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, ce qui permettrait de comparer les tendances des résultats à l'intérieur des pays et d'un pays à l'autre et ainsi d'évaluer les performances des systèmes d'AC dans différents contextes agroécologiques et socioéconomiques. Cela permettra d'obtenir une base plus large des effets de l'AC sur les paramètres agronomiques et économiques des cultures en Afrique de l'Ouest et du Centre et de renforcer les données qui y existent sur l'AC.

❖ la direction de l'IDR de revoir la période de mise en position de stage des étudiants afin de leur permettre d'assister à tout le processus de mise en place et de suivi du dispositif expérimental ce qui est capital pour la fiabilité et l'interprétation des données.

## Bibliographie

Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie (ADEME), 2007. Évaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France. Étude réalisée par ARVALIS - Institut du végétal, AREAS, INRA de Dijon, AgroParisTech – INRA de Paris-Grignon. 169p

**Bado B. V., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat (Ph. D.) Département des sols et de génie agroalimentaire. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, 166p.

**Baldé A. B., 2011.** Analyse intégrée du partage des ressources (eau, azote et rayonnement) et des performances dans les systèmes de culture en relais sous semis direct en zone tropicale subhumide. Thèse de doctorat en agronomie au centre international d'études supérieures en sciences agronomiques Montpellier 165p.

**Barro A., Djamen P., Lahmar R et Simporé S., 2011.** Évaluation des effets de la combinaison des techniques de travail du sol et de la couverture végétale sur les caractéristiques du sol et de la productivité agricole. Rapport de terrain, INERA/Saria, ACT/SCAP, Ouagadougou, Burkina Faso, 43p.

**Barro A., Maraou F., Zougmore R., Lahmar R., 2008.** Les techniques d'Agriculture de Conservation sont-elles capables de faire mieux que le Zaï manuel ou mécanique pour protéger ou réhabiliter les sols du Sahel ? *Terre Malgache*, 26 : 100-105.

**Barthes B., Azontonde A., Feller C., avril 2008.** Effet d'une légumineuse de couverture sur le ruissellement et l'érosion dans des systèmes de culture à base maïs au sud-Bénin. *Terre Malgache*, 26: 106-109.

**Bougoum H., 2012.** Analyse des effets spécifiques et combinés des principes de l'agriculture de conservation sur la conduite et les performances technico-économiques des parcelles de sorgho [*Sorghumbicolor* (L). Moench]. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Développement Rural option agronomie, Institut du Développement Rural/Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 97p

**Brévault T., Bikay S., Naudin K., 2005.** Macrofauna pattern in conventional and direct seeding mulchbasedcotton cropping systems in North Cameroon. In: Proceedings of the IIIrd World Congress on Conservation Agriculture: “*Linking Production, Livelihoods and Conservation,*” Nairobi (Kenya), 3 – 7 October, 2005. ACT, Nairobi.

**Brocke K.V., Barro-Kondombo C., Trouche G., Kambou D., Palé G., Compaoré D., 2008.** Production de semences de sorgho en milieu paysan au Burkina Faso. CIRAD, boucle du Mouhoun. 17 p

**BUNASOLS, 1995.** Étude morpho-pédologique de la province du Bam. Volume 1 : Rapport principal, échelle 1/50 000. Rapport technique n°97. BUNASOLS, Ouagadougou (Burkina Faso). 96p

**Capillon A., Séguy L., 2002.** Ecosystèmes cultivés et stockage du carbone. Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale. 9p Document en ligne : <http://agroecologie.cirad.fr> consulté le 24/12/2013 à 10h21mn.

**CIRAD, 2011.** Intensification écologique, introduction de l'agriculture de conservation parmi les petits producteurs d'Afrique de l'ouest et du centre. Document en ligne : <http://www.cirad.bf/fr/scap.php>

**CRAAQ, 2000.** Guide des pratiques de conservation en grandes cultures : le semis direct. 18p Document en ligne : <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Le%2520semis%2520direct.pdf>. Consulté le 09/07/2013 à 15h15mn

**Djamen Nana P., Ashburner J., Maraux F., Kienzle J., et Triomphe B., 2005.** L'Agriculture de conservation en Afrique de l'Ouest et du Centre : état des lieux, enjeux et défis. In Congrès mondial d'agriculture de conservation, du 3 au 7/10/2005, vol. X. FAO. Nairobi, Rome, 63-76 pp.

**Djamen Nana P., 2008.** Territoire, filière et temps : modalités et enjeux de l'insertion marchande des systèmes d'élevage bovins au nord Cameroun. Thèse de doctorat (Ph.D) de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech) et de l'Université de Dschang. 231p

**Djamen Nana P., Dugué P., Mkomwa S., Da S. J. B., Essecofy G., Bougoum H., Zerbo I., Ganou S., Andrieu N., Douzet J-M., 2013.** 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, pp. 311-338

**Djamen Nana P., Girard P., Sidibé A., 2014.** Fonctions, modalités et défis de la diversification culturelle dans la Boucle du Mouhoun (Burkina Faso). *Agridape 30 (1) : 16 - 20*, <http://www.iedafrique.org/Fonctions-modalites-et-defis-de-la.html>. Consultée le 19 avril 2014 à 12h41mn

**Dounias, 2001.** Les systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. Etudes et Travaux N° 19 du CNEARC en collaboration avec le CRAD-CA dans le cadre du programme Gestion des Ecosystèmes Cultivés. 164p

**Ereinstein O, 2003.** Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agriculture, ecosystem and environment*, vol 100, p. 17-37

**FAO, 2003.** Économie de l'agriculture de conservation. Publication, FAO/FIAT, Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes/Division de la mise en valeur des terres et des eaux. 77p

**FAO, 2005.** Regards sur l'agriculture de conservation en Afrique de l'ouest et du centre et ses perspectives : Contribution au 3<sup>ème</sup> Congrès mondial d'agriculture de conservation Nairobi, Kenya, octobre 2005.114p

**FAO, 2007.** Rapport d'AG sur l'agriculture de conservation. 42p

**FAO, 2010.** Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. Document en ligne : [www.fao.org/ag/ca/fr](http://www.fao.org/ag/ca/fr). Consulté le 20/01/2014 à 10h25mn

**FAO, 2012.** Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. Document en ligne: [www.fao.org/ag/ca/fr](http://www.fao.org/ag/ca/fr). Consulté le 20/01/2014 à 11h13mn

**Freud C., 2005.** Évaluation de l'impact économique des systèmes de culture sur couvert végétal au Brésil et à Madagascar, CIRAD, 55p.

**FONTES J., GUINKO S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Toulouse : Ministère de la coopération française (France); 53p.

**Guillaume F.E., 2012.** Potentielle de développement de l'agriculture de conservation des petites exploitations agricoles familiales : étude de cas à Gori et Kompienbiga (Burkina Faso). Maaster of Sience, institut agronomique méditerranéen de Montpellier. 109p.

**IIRR and ACT, 2005.** Conservation agriculture: manual for farmers and extension workers in Africa. International Institute of Rural Reconstruction, Nairobi, African Conservation Tillage Network, Harare. 251p.

**INSD, 2008.** Recensement général de la population et de l'habitation de 2006, Ministère de l'Économie et des Finances, Ouagadougou, Burkina Faso. 52p.

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

**Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P. N., Bondé D., 2010.** Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans cultureux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. TROPICULTURA, 2010, 28, 3 : 184-189.

**Kourouma M. et Bozza J., 2005.** Le semis direct au secours de l'exploitation de Solo Koulibaly. *in* 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, octobre 2005. 39 – 49pp.

**Labreuche J., Le Souder C., Castillon P., Ouvry J. F., Germon J. C., De Tourdonnet S., 2007.** Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour en France. ADEME, ARVALIS, Institut du végétal, INRA, APCA, AREAS, ITB, CETIOM, IFVV. 400 p.

**Liniger H., Studer R. M., Hauert C., Gurtner M., 2011.** La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. TerrAfrica, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT) et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). 249p.

**MAHRH, 2008.** Évolution du secteur agricole et des conditions de vie des ménages au Burkina Faso. 96 p.

**Mando A., Zougmoré R., Zombré P. N., Hien V., 2001.** Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique subsaharienne *in* Floret Ch. et Pontanier R., 2001. La jachère en Afrique tropicale : De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Vol. 2 Eurotext, Paris. 311-339 pp.

- MASA, 2014.** Rapport bilan annuel 2013. Direction du suivi, de l'évaluation et de la capitalisation. 123p
- Moussadek R., Mrabet R. et Dahan R., 2011.** Effet de l'agriculture de conservation sur la qualité des sols au Maroc. HTE N° 149/150 - Sept/Déc 2011. 4p En ligne : [www.anafide.org/doc/HTE%20149/149-5.pdf](http://www.anafide.org/doc/HTE%20149/149-5.pdf). Consulté le 26/11/2013 à 16h17mn.
- Mrabet R., Essahat A. et Moussadek R., 2006.** Influence des systèmes de travail du sol sur les propriétés des sols en zones semi-arides du Maroc. *In* Roose E. *et al.*, 2006. Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII, AUF, ISCOMarrakech, Maroc, du 14 au 19 mai 2006. 274 - 287 pp.
- Naudin K., Adoum O., Soutou G. et Scopel E., 2005.** Labour biologique contre labour mécanique : comparaison de leurs effets sur la structure du sol au Nord Cameroun. 12p Document en ligne : <http://agroecologie.cirad.fr> consulté le 12/11/2013 à 14h37mn
- N'Dayegamiye A., 2007.** Le travail du sol: une importante régie agricole. Le producteur de lait Québécois. 4p
- Nicou R. et Chopart J.L., 1991.** Travail du sol et propriétés physiques du sol en zone semi-aride ouest-africaine. p77-94
- Ouédraogo T.J., Drabo I., Tignégré J.B., Dabiré C., Sérémé P., Konaté G., 2009.** Fiche technique du niébé ; variété K VX 696-4-5-2D. INERA, 01 BP 476 Ouagadougou 01 Burkina Faso. 6p
- PDCG, 2013.** Plan de développement communal de guibaré 2014-2018. 96p
- 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.
- Roy R.N., Misra R.V., Lesschen J.P. et Smaling E.M., 2005.** Évaluation du bilan en éléments nutritifs du sol Approches et méthodologies. Bulletin FAO engrais et nutrition végétale. 85p.
- Séguy L., Loyer D., Richard J.F., Millet E., 2007.** Sustainable soil management: agroecology *in* Goddard T., *et al.*, (Eds sc.). *No-Till Farming systems* WASWC, special publication n°. 207- 222.
- Serpentié G., 2009 :** L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar, VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 9 Numéro 3. 21p

**Scopel E., Maltas A., Corbeels M., Da Silva F.A.M., Affholder F., Douzet J.M., Oliver R., Schaller N., Cardoso A., avril 2008.** Dynamique et valorisation de l'azote dans les systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) des Cerrados Brésiliens. In Terre Malgache article numéro 26, The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation. 199p : p76-79.

**SCSAO, 2005.** Économie familiale et innovation agricole en Afrique de l'ouest : vers de nouveaux partenariats. 106p

**Soco, 2009.** Final report on the project "sustainable agriculture and soil conservation (SoCo).EU. 170 p. Document en ligne : [soco.jrc.ec.europa.eu](http://soco.jrc.ec.europa.eu) consulté le 09/07/2013 à 10h23mn

**Soco, 2009.** L'agriculture durable et la conservation des sols. Systèmes et pratiques agricoles respectueux du sol. Fiche technique n°5 : Agriculture de conservation. 4p

**Tittonell P., Scopel E., Van Halsema G., Andrieu N., Posthumus H., Mapfumo P., Lahmar R., Corbeels M., Apina T., Rakotoarisoa J., Mtambanengwe F., Pound B., Chikowo R., Mkomwa S., 2012.** Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO): Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. *Field Crops Res.* 7p. doi : 10.1016/j.fcr.2011.12.011

**Tougiani A., 2012.** Revue sur l'Agriculture de conservation au Niger. Stockholm Environment Institute (SEI). 22p

**Triomphe B., Goulet F., Dreyfus F., Tourdonnet S., 2007.** Du labour au non-labour : pratiques, innovations et enjeux au Sud et au Nord. In Bourrigaud R. et François S. 2007. *Nous labourons. Actes du colloque Techniques de travail de la terre, hier et aujourd'hui, ici et là-bas.* Nantes, Nozay, Châteaubriant, 25-28 octobre 2006. Ed centre d'histoire du travail. 371-384pp.

**Unger P. et Parcker J., 1976.** Evaporation reduction from soil with wheat, sorghum, and cotton residue. *Soil Science Society of America Journal*, 40 : 938.

**Vian J.F., 2009.** Comparaison de différentes techniques de travail du sol en agriculture biologique : effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote. 204p.

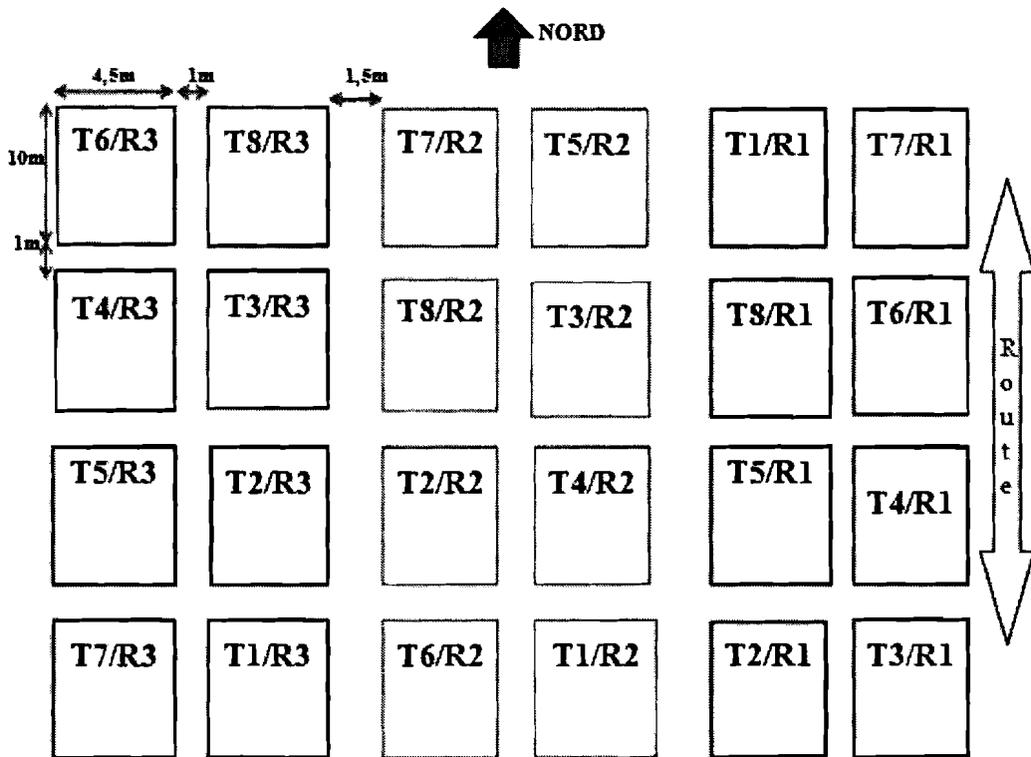
**Zerbo I., 2012.** Analyse des effets potentiels de l'agriculture de conservation sur les performances technico-économiques des exploitations agricoles de Sindri (Province du Bam, Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle Ingénieur du Développement Rural. Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo Dioulasso (IDR/UPB), Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 113 p.

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

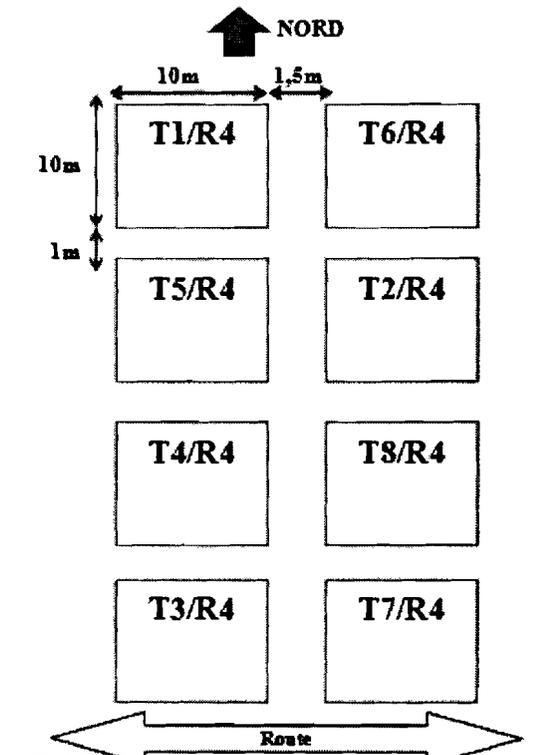
**Zougmore R., Guillobez S., Kabore B., 1995.** L'érosion en Afrique soudanienne, confrontation des points de vue des chercheurs et des paysans. Cas du Burkina Faso. in F. Ganry and B. Campbell (eds.), *Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions*. CIRAD-CA, Montpellier. pp. 203-211

# Annexes

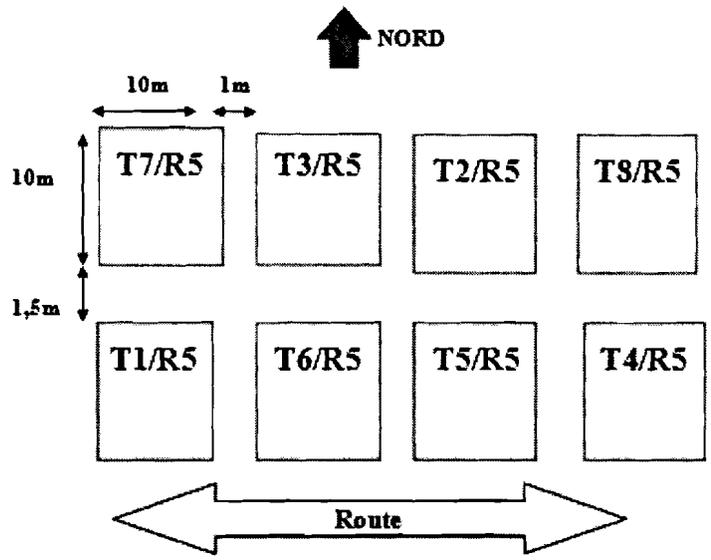
## Annexe 1. Dispositif expérimental



**Dispositif chez Sawadogo Salam**



**Dispositif chez Sawadogo Harouna**



**Dispositif chez Gansoré Soumaïla**

## Annexe 2. Fiche de suivi des cultures / Campagne Agricole : 2013

(NB : utiliser une fiche séparée pour chaque traitement. Remplir la fiche de la préparation du sol jusqu'à la récolte et aux pesées)

### Fiche : Évaluation des performances technico-économiques des systèmes de culture

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 du système :

Superficie de la parcelle _____ m <sup>2</sup>	Culture pratiquée sur cette parcelle en 2012 : _____	Production de 2012 : ..... (kg)
Type de sol	Nom local : _____ Gravillons <input type="checkbox"/> Sableux <input type="checkbox"/> Argileux <input type="checkbox"/> Zippelé : <input type="checkbox"/> argilo-sableux <input type="checkbox"/> sablo-argileux <input type="checkbox"/>	

#### A. Itinéraire technique suivi

Travaux préliminaires (défrichage, transport paille etc.)	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> travaux réalisés : _____ Date : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de min : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Paillage	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Pailles issues la campagne 2010 _____ kg Types (tiges sorgho, mil ; paille de brousse etc.) _____ Apport extérieur de pailles ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> quantité _____ kg Types (tiges sorgho, mil, pilio etc.) _____ Date : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Fumure organique	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa

Travail du sol	Labour à plat <input type="checkbox"/> Labour en billon <input type="checkbox"/> semis direct <input type="checkbox"/> Zaï <input type="checkbox"/> Demi-lunes <input type="checkbox"/> coutrier <input type="checkbox"/> Date réalisation travail du sol : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Traitement herbicide	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Nom du produit : _____ quantité utilisée _____ Date du traitement herbicide : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Semis	<u>Semis culture principale</u> Semis manuel <input type="checkbox"/> Canne planteuse <input type="checkbox"/> Semoir attelé de semis direct <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Variété : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personne. : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
	<u>Semis culture associée</u> Semis manuel <input type="checkbox"/> Canne planteuse <input type="checkbox"/> Semoir attelé de semis direct <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Variété : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de pers. : _____ N Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Resemis culture principale	resemis manuel <input type="checkbox"/> Canne planteuse <input type="checkbox"/> Semoir attelé de semis direct <input type="checkbox"/> Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa Qté semence : _____ Kg
Resemis culture associée	resemis manuel <input type="checkbox"/> Canne planteuse <input type="checkbox"/> Semoir attelé de semis direct <input type="checkbox"/> Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa Qté semence : _____ Kg
Application herbicide total ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui, nom herbicide ? : _____ Quantité : _____ À quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Démariage	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui à quelle date ? _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa

Sarclage n°1	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Application du NPK ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°2	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Application Urée ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Buttage	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°3 ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Sarclage n°4 ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Manuel <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Traitement insecticide	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ produit utilisé _____ quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte céréale	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte culture associée /plante de couverture	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb de femme _____ Nb d'enfant _____ Nb de minutes : _____ Dépenses : _____ Fcfa

## B. Production

À maturité le nombre de lignes de culture sur chaque parcelle doit être compté et reporté sur la fiche de suivi des cultures. Après avoir identifié les cinq lignes, récolte et séchage complet, les productions graine et paille 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 <sup>ère</sup> floraison	
Date floraison à 50%	
Date floraison à 100%	
Date maturité à 50%	
Date maturité à 100%	

### C2. Évaluation 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 10m<sup>2</sup> ; NS = 1, très peu de striga, c'est-à-dire 1 à 2 pieds de striga / 10 m<sup>2</sup> ; NS = 2, infestation moyenne, 3 à 10 pieds de striga / 10 m<sup>2</sup> ; NS = 3, forte infestation de striga, plus de 10 pieds / 10 m<sup>2</sup>

### 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.

Évènements et conséquences	Date/période	Décision prise

**Autres observations**.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Annexe 3. Fiche de suivi de la croissance et du développement des plants

				60 JAL	70 JAL	80 JAL	90 JAL	100JAL	
T	CP	Hauteur	1						
			2						
			3						
		Nb feuilles	1						
			2						
			3						
					35 JAL	45 JAL	55 JAL	65 JAL	75 JAL
	CA	Hauteur	1						
			2						
			3						
		Nb feuilles	1						
			2						
			3						
		Nb de bran végété	1						
			2						
			3						
		Nb de bran fructifères	1						
			2						
			3						
		Nb fleurs	1						
			2						
			3						
		Nb gousses	1						
			2						
3									

T = traitement ; JAL = jour après levée ; CP = culture principale ; CA = culture associée ; Nb = nombre ; bran végété = branche végétative.