

# Effet de l'association céréale-légumineuse, de la gestion de l'eau et de la fertilité du sol pour l'amélioration de la productivité agricole dans l'Est du Burkina Faso

SANNA Safiatou<sup>1,2\*</sup>, OUEDRAOGO Margueritte<sup>1,2</sup>, YONLI Djibril<sup>1</sup>, NIKIEMA M. Philippe<sup>1</sup>, TRAORE Hamidou<sup>1</sup>, TRAORE Salif<sup>2</sup>, Jan B. MIDDENDORF<sup>3</sup>, Zachary P. STEWART<sup>4</sup>, Vara P.V. PRASAD<sup>5</sup>

## Résumé

La population en Afrique subsaharienne connaît une croissance démographique exponentielle si bien que la satisfaction de ses besoins alimentaires et nutritionnels constitue une préoccupation majeure. L'intensification de l'utilisation des terres constitue une des stratégies agricoles pour accroître la productivité et l'utilisation de la main-d'œuvre par unité de terres cultivable. La culture intercalaire, le travail et l'amendement du sol sont ciblés dans la présente étude dans une approche de gestion intégrée de la fertilité des sols et de l'eau. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complètement randomisé avec un arrangement des traitements en split-split-plot avec trois (03) répétitions. Trois modes de travail du sol soit (1) «0 travail du sol», (2) le labour et (3) le billonnage cloisonné ont été pratiqués dans les parcelles principales pour gérer les ressources hydriques. Ces parcelles principales ont été subdivisées en parcelles secondaires sur lesquelles une (01) ou deux (02) lignes de sorgho alternées avec une (01) ou deux (02) lignes de niébé à port érigé ou rampant ont été cultivées. Ces sous parcelles ont ensuite été amendées avec quatre (04) niveaux de fertilisation. Les résultats ont montré que la pluviométrie, le système de culture et leur interaction ont influencé le taux de levée et les nombres de poquets et de plants récoltés de sorgho et de niébé. Par contre, la hauteur et la teneur en chlorophylle des plants de sorgho ont été influencés par la pluviométrie, l'amendement du sol (AS) et les interactions entre la pluviométrie et la technique de conservation de l'eau (TCE) et entre la TCE et le mode d'association sorgho-niébé. La TCE, l'AS et le mode d'association sorgho-niébé ont significativement influencé le rendement du sorgho. Les meilleurs rendements panicules et grains ont été obtenus avec le billonnage cloisonné en interaction avec la fertilisation organo-minérale de 2,5 t de compost + 100 kg NPK + 50 kg urée ha<sup>-1</sup>. Les associations de deux (02) lignes de sorgho alternées avec deux (02) lignes de niébé à port érigé ou rampant en interaction avec le labour ou le billonnage cloisonné ou leur interaction avec la fertilisation organo-minérale ont respectivement amélioré le rendement en panicules de sorgho de 21-62% et d'environ 200%.

**Mots clés :** Association céréale-légumineuse, fertilité du sol, gestion d'eau, productivité agricole

<sup>1</sup>Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, 04 BP 8645, Ouagadougou 04 Burkina Faso;

<sup>2</sup>University Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, 03 BP 7021, Burkina Faso;

<sup>3</sup>Feed the Future Innovation Lab for Collaborative Research on Sustainable Intensification, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA;

<sup>4</sup>Center for Agriculture-Led Growth Bureau for Resilience and Food Security United States Agency for International Development, USAID, USA.

<sup>5</sup>Department of Agronomy, Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA;

\*Auteur correspondant : [safisan2@gmail.com](mailto:safisan2@gmail.com)

# Effect of cereal-legume intercropping, water and soil fertility management on improving agricultural productivity in Eastern Burkina Faso

## Abstract

The population in sub-Saharan Africa is growing exponentially, making meeting its food and nutrition needs a major concern. Land use intensification is one of the agricultural strategies to increase productivity and labor utilization per unit of cultivable land. Intercropping, tillage and soil amendment were targeted in this study in an integrated soil and water fertility management approach. The experimental design used is a completely randomized block with a split-split-plot treatment arrangement with three (03) replications. Three tillage methods, namely (1) "0 tillage", (2) ploughing and (3) partitioned ridging were used in the main plots to manage water resources. These main plots were subdivided into subplots on which one (01) or two (02) rows of sorghum alternated with one (01) or two (02) rows of cowpea with erect or creeping habit were cultivated. These sub-plots were then amended with four (4) levels of fertilization. Results showed that rainfall, cropping system and their interaction influenced emergence rate and numbers of harvested hills and plants of sorghum and cowpea. In contrast, sorghum plant height and chlorophyll content were influenced by rainfall, soil amendment (SA), and the interactions between rainfall and water conservation technique (WCT) and between WCT and sorghum-cowpea intercropping system. TCE, SA and sorghum-cowpea intercrop significantly influenced sorghum productivity. The panicle and grain yields were improved by the partitioned ridging in interaction with organo-mineral fertilization of 2.5 t compost+100 kg NPK+50 kg urea ha<sup>-1</sup>. Intercropping of one or two rows of sorghum alternated with one or two rows of erect or creeping cowpea in interaction with ploughing or partitioned ridging or their interaction with organo-mineral fertilization improved sorghum panicle production by 21-62% and about 200% respectively.

**Key words:** cereal-legume intercropping, soil fertility, water management, agricultural productivity

## Introduction

Les céréales, principalement le sorgho, le mil, le maïs et le riz, constituent l'alimentation de base en Afrique sub-saharienne. Parmi elles, le sorgho contribue à la sécurité alimentaire dans de nombreuses zones agro-écologiques où vivent les populations les plus pauvres et les plus exposées à l'insécurité alimentaire dans le monde (FAO et ICRISAT, 1996). Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L) Moench.) est la deuxième céréale la plus cultivée au Burkina Faso en terme de production. En effet en 2019, sa production a été estimée à 1 871 792 tonnes sur une superficie d'environ 1 907 650 ha, ce qui représente 38% de la production totale de céréales au Burkina Faso (MAAH, 2019). En termes de consommation de sorgho, le Burkina Faso est le premier pays au monde avec 200 kg/personne/an (Diawara *et al.*, 1995). Malheureusement, la production de sorgho est hypothéquée par des systèmes de cultures inappropriés qui affectent la fertilité des sols et la gestion de l'eau et des ravageurs de cultures, la situation étant la pire dans une agriculture de subsistance.

La dégradation des terres ainsi que la baisse de fertilité des sols entraînent une importante baisse des rendements. La période de jachère permettait traditionnellement de reconstituer et de restaurer la fertilité et la capacité de rétention d'eau des sols. Au Burkina Faso, l'exportation des résidus de culture hors des champs, associée à des faibles taux d'apport de fertilisants a contribué à un déséquilibre négatif en nutriments du sol. Par exemple, 4,4 millions de tonnes de N sont perdues chaque année, et seulement 0,8 million de tonnes de N sont réappliquées aux sols (Bationo *et al.*, 2004). Cette situation est aggravée avec les effets du changement climatique qui peut compromettre de manière significative les efforts futurs pour atteindre la sécurité alimentaire et gérer durablement les ressources naturelles qui constituent les premiers facteurs de production en agriculture. En effet, la hausse des températures, l'augmentation de la fréquence et de la gravité des événements climatiques extrêmes et les changements dans la distribution, la quantité et le moment des précipitations pourraient avoir des effets fortement négatifs sur la production agricole (Padgham, 2009 ; Lybbert et Sumner, 2010). Ces auteurs ont souligné que ces effets pourraient réduire la production agricole mondiale de 6% d'ici 2080 et que les pays en développement sont les plus vulnérables au changement climatique. Le manque d'eau causé par la sécheresse est la limitation environnementale la plus sévère sur le rendement grain des cultures (Sanchez *et al.*, 2002). En raison du taux de croissance élevé de la population (3%) Africaine, le principal défi de l'adaptation au changement climatique et de l'atténuation de ses effets adverses dans l'agriculture pour les pays africains est de produire efficacement plus de nourriture dans des conditions de production plus volatiles. Par exemple pendant la saison des pluies 2012, la sécheresse a fortement affecté la production agricole, si bien qu'un déficit céréalier de 154 462 t a été enregistré en 2013 au Burkina Faso ([www.action-sociale.gov.bf/.../89-sixieme-session-ordinaire-du-conasur](http://www.action-sociale.gov.bf/.../89-sixieme-session-ordinaire-du-conasur)). Par conséquent, les précipitations faibles et irrégulières, la faible capacité de rétention d'eau des sols et la faible fertilité des sols limitent la productivité des cultures. Pour s'adapter à un tel contexte, il faut améliorer la disponibilité et l'efficacité d'utilisation des nutriments et de l'eau par la culture sur la parcelle.

La présente étude a pour objectif d'évaluer les effets synergiques des modes d'association sorgho-niébé, d'amendements du sol et de gestion de l'eau à la parcelle sur la production du sorgho.

## **1. Matériel et Méthodes**

### **1.1. Matériel**

#### **1.1.1. Site d'étude**

L'étude a été conduite de 2020-2021 sur la station de recherche de Kouaré, située dans la région de l'Est du Burkina Faso. Elle est localisée entre 11°55'73" Nord et 0°13'71,4"

Est avec une altitude de 850 m et distancée de 15 km au Sud de la ville de Fada N’Gourma. Les précipitations moyennes annuelles sont de l’ordre de 800 mm. La saison des pluies s’étend généralement de juin à octobre. La végétation est dominée par la savane qui couvre quatre-vingt-dix pour cent (90%) du territoire régional. Le climat est de type Nord-soudanien caractérisé par deux saisons. Une saison pluvieuse qui s’étend de mai à octobre avec une remontée de la mousson et une saison sèche de six mois qui dure de novembre à avril.

Les sols de la zone d’étude sont de type ferrugineux tropical lessivé induré peu profond. La profondeur utile du sol est 40 cm (INERA, 1993). Le PH du sol dans les parcelles de traitement varie entre 5,71 et 6,43 avec une moyenne de 6,04 tandis que le taux de matière organique varie entre 0,73 % et 1,18 % avec une moyenne de 0,97% (Tableau 1). La granulométrie est dominée par le sable (76%) suivi du limon (12 %) et d’argile (12 %). Le taux de carbone moyen est de 0,56% tandis que le phosphore et le potassium moyens et disponibles sont respectivement 3,12 et 24,07 mg/kg de sol. Les valeurs extrêmes dans les parcelles des traitements sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Compositions granulométrique et en macroéléments du sol

	Granulométrie		
	% Argile	% Limon	% Sable
Intervalle de variation	10,78 - 12,42	10,79 - 13,73	73,86 - 77,45
Moyenne	11,80	12,08	76,12
	Macro - éléments		
	% Carbone	P Bray 1 mg/Kg	K dispo mg/Kg
Intervalle de variation	0,42 - 0,69	2,24 - 4	17,28 - 31,29
Moyenne	0,56	3,12	24,07

### 1.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué d’une céréale à savoir la variété ICSV 1049 de sorgho et de deux légumineuses, la variété Nerwaya et la variété Moussa local de niébé. La variété ICSV 1049 de sorgho a un cycle compris entre 110 à 115 jours et un rendement grain moyen en milieu paysan estimé  $\leq 1$  t/ha (Ouedraogo *et al.*, 2022). Avec un cycle de 70 jours, la variété Nerwaya (KVX 780-6) a un port semi-érigé. La variété Moussa local a un cycle de 75 à 80 jours, un port rampant ; donc un taux de couverture du sol plus important que la variété Nerwaya, d’où l’objet de leur utilisation dans la présente étude. La variété Nerwaya a un rendement potentiel de 2t/ha et un rendement en milieu paysan de 1t/ha (INERA, 2019).

### 1.1.3. Fertilisants et insecticides utilisés

Les fertilisants utilisés ont été les engrais minéraux le NPK (14-23-14), et l'Urée (46% N) et le compost. Le pH du compost est neutre (7,02). Les taux d'azote total, du carbone total et de matière organique ont été respectivement 1,75%, 33,83% et 19,62%, d'où le ratio C/N est égal 19,34. Les quantités de nitrates (NO<sub>3</sub>) et d'ammonium (NH<sub>4</sub>) ont été estimées à 24,41 et 12,44 mg/kg de sol alors que le phosphore total et le potassium total ont été évalués à 2,83 et à 4,48 g/kg de sol.

Pour lutter contre les aphides du niébé (*Aphis craccivora* Koch), des traitements insecticides à base du K-Optimal [Lambda-cyhalothrine (15 g/L) + Acétamipride (20g/L)] à la dose d'un (1) L ha<sup>-1</sup> ont été effectués sur le niébé à l'apparition des boutons floraux et à la formation des gousses. Un autre traitement insecticide à base du Pyrical 480 EC a également été appliqué sur les plants de sorgho contre la Cécidomyie.

## 1.2. Méthodes

### 1.2.1. Dispositif expérimental

La parcelle élémentaire a une superficie de 24 m<sup>2</sup>, soit 6 m x 4 m. Le sorgho et le niébé ont été semés selon les écartements de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets de semis.

Le dispositif expérimental est un split-split plot où les traitements ont été complètement randomisés à trois (03) répétitions. Les parcelles principales ont abrité les trois (03) techniques de conservation d'eau à la parcelle (TCE). Les parcelles secondaires ont été utilisées par les quatre (04) systèmes de culture (SC) et les sous-parcelles ont été amendées avec quatre niveaux de fertilisations minérales et/ou organiques (AS).

Ainsi, les facteurs principaux ont été les trois techniques de conservation d'eau à la parcelle (TCE) 1) TCE1 - sans travail du sol avant le semis ; 2) TCE2 – Labour et 3) TCE3 - Billonnage cloisonné.

Le système de culture (SC) avec quatre (4) modes d'association sorgho-niébé :

1) **SC1** : Association de sorgho et de niébé à port semi-érigé en lignes alternées : 2 lignes de sorgho suivies de 2 lignes de niébé ; 2) **SC2** : Association de sorgho et de niébé à port rampant en lignes alternées : 2 lignes de sorgho suivies de 2 lignes de niébé ; 3) **SC3** : Association de sorgho et de niébé à port semi-érigé en lignes alternées : 1 ligne de sorgho suivie de 1 ligne de niébé et ; 4) **SC4** : Association de sorgho et de niébé à port rampant en lignes alternées : 1 ligne de sorgho suivie de 1 ligne de niébé.

L'amendement du sol (AS) l'a été avec quatre (4) niveaux de fertilisation à savoir 1) **AS1** : Sans apport de fumure ; 2) **AS2** : 2,5 t de compost /ha ; 3) **AS3** : 100 kg NPK ha<sup>-1</sup> + 50 kg Urée ha<sup>-1</sup> ont été appliqués au poquet de semis 10 à 15 jours après le semis

(épandage en micro dose) pour les deux cultures de sorgho et de niébé, ; et 4) **AS4** : 2,5 t de compost ha<sup>-1</sup> + 100 kg de NPK + 50 kg Urée ha<sup>-1</sup>.

### 1.2.2. Conduite des cultures

Les semis ont été réalisés le 12 juillet et 27 juillet, respectivement en 2020 (Saison 1) et en 2021 (Saison 2). Durant chaque campagne agricole le compost a été épandu à la volée dans les parcelles devant en recevoir avant le travail du sol (le labour et le billonnage). Le NPK a été appliqué 10-15 jours après le semis (JAS) par la technique de la micro dose. Quant à l'urée, elle a été appliquée aux poquets de sorgho 45 JAS par la technique de la micro dose pendant la réalisation manuelle des billons cloisonnés à l'aide de la daba.

Un démariage à deux plants par poquet a été réalisée 14 JAS.

Trois désherbages manuels ont annuellement été réalisés 21, 45 et 60 JAS.

La pluviométrie totale en 2020 a été de 867 mm en 50 pluies jours de pluies avec 71% (612 mm) d'eau enregistrées en 35 jours de pluies durant le cycle des cultures. En 2021, 525 mm (68%) de pluies enregistrées en 24 jours ont servi au développement des cultures sur une pluviométrie totale de 767 mm en 34 jours de pluies.

### 1.2.3. Collecte des données et analyses statistiques

Les variables mesurées annuellement par parcelle élémentaire ont été les suivantes :

- le taux de levée de chaque culture 14 JAS ;
- la hauteur moyenne des plants de sorgho 90 JAS ;
- la teneur en chlorophylle des plants de sorgho 80 JAS, obtenu par mesure directe sur les feuilles de cinq plants centraux de la parcelle utile à l'aide d'un chlorophylle-mètre (FieldScout CM 1000). Le taux de chlorophylle étant corrélé avec la richesse en azote (Alessana *et al.*, 2015 ; Akhter *et al.*, 2016), la moyenne de 5 mesures élémentaires a été considérée dans l'analyse statistique ;
- les diamètres moyens des tiges et des feuilles de sorgho ont été mesurés 90 JAS respectivement en 2020 (Saison 1) à l'aide d'un pied à coulisse et en 2021 (Saison 2) à l'aide d'un double décimètre;
- les composantes de rendement de sorgho ont porté sur le nombre de poquets et le nombre de plants récoltés, la biomasse sèche des tiges, les poids des panicules et des grains ;
- les composantes de rendement du niébé ont porté sur le nombre de poquets et le nombre de plants récoltés, la biomasse sèche des fanes et les poids des gousses et des grains.

L'analyse statistique des données collectées a été réalisée à l'aide du logiciel Statix10<sup>®</sup>. Elles ont fait l'objet d'une analyse de variance et lorsque la P value était significative, la séparation des moyennes a été effectuée à l'aide du Test t de Student Newman Keuls. Le seuil de probabilité sur la marge d'erreur de conclusion sur l'hypothèse nulle était de 5%.

## 2. Résultats

### 2.1. Effet des systèmes de conservation d'eau, d'amendement du sol et d'association de cultures sur l'implantation des cultures de sorgho et de niébé

La saison hivernale, le système d'association sorgho-niébé et leur interaction ont significativement influencé le taux de levée, les nombres de poquets et de plants de niébé récoltés tandis que la technique de conservation d'eau a influencé les nombres de poquets et de plants de niébé récoltés et seulement le taux de levée du sorgho (Tableau 2). La saison hivernale a influencé le taux de levée et les nombres de poquets et de plants de sorgho tandis que la fertilisation et le système d'association sorgho-niébé contrairement à la technique de conservation d'eau qui a influencé uniquement sur le taux de levée du sorgho, ont eu un effet significatif sur les nombres de poquets et de plants de sorgho récoltés. L'interaction saison x technique de conservation d'eau a un effet significatif sur le taux de levée tandis que l'interaction saison x système d'association sorgho-niébé ont influencé les nombres de poquets et de plants de sorgho récoltés et l'interaction entre le système d'association et la fertilisation a seulement influencé le nombre de plants de sorgho récoltés (Tableau 2).

Le taux de levée du niébé a été plus élevé durant la seconde saison de l'expérimentation dans les 4 systèmes d'association et durant la première saison uniquement dans le système d'association SC1 (Tableau 3). Les nombres de poquets et de plants de niébé récoltés dans le système SC4 durant la seconde saison et dans le système SC3 durant les 2 saisons ont significativement été supérieurs à ceux obtenus avec les cinq autres interactions. S'agissant du sorgho, seuls les nombres de poquets et de plants récoltés durant la première saison dans les systèmes d'association SC1 et SC2 ont été plus élevés suivis de ceux dans les 2 mêmes systèmes durant la seconde saison (Tableau 3).

**Tableau 2:** Effets d'amendement du sol, des systèmes de conservation d'eau et d'association sur la levée, les nombres de poquets et de plants récoltés de niébé et de sorgho

Source de variation	ddl	Carrés moyens des variables					
		Niébé			Sorgho		
		Taux de levée (%)	Nombre de poquets récoltés	Nombre de plants Récoltés	Taux de levée (%)	Nombre de poquets récoltés	Nombre de Pplants récoltés
Répétition	2	4356,1	5,17E+07	2,34E+08	5387,9	5,60E+07	1,87E+08
Saison (A)	1	15647,1***	56810000***	272200000***	15160,9***	287800000***	7830000000***
TCE (B)	2	554,9	20940000**	103200000**	1466,5***	1009717	5,64E+07
SysCult(C)	3	1104,2***	679400000***	1728000000***	343,2	770200000***	1835000000***
Amend(D)	3	96,1	1069597	5873039	274,4	9076606*	77540000*
A*B	2	77,8	740258	745081	826,2**	3888768	2,07E+07
A*C	3	2298,4***	29260000***	133700000***	33,4	14280000**	131200000**
A*D	3	138,6	2286482	1,12E+07	83,6	2866794	6872106
B*C	6	336,5	3262442	1,69E+07	334,3*	5744639	1,08E+07
B*D	6	337,3	921907	1,06E+07	113,3	2610798	2,76E+07
C*D	9	107	4661311	9673729	48,9	3913283	71620000**
A*B*C	6	322,1	3272087	1,48E+07	207,4	3162977	3,11E+07
A*B*D	6	153,6	1560089	4086291	157,7	1517691	1,93E+07
B*C*D	18	130,1	1600812	4769215	121,6	2346362	1,37E+07
A*B*C*D	27	108,8	2041739	6560249	131,6	2685949	1,92E+07
Error	190	186,2	3449049	1,64E+07	136,6	2816948	2,36E+07
Total	287						

TCE : technique de conservation de l'eau ; Syst. Cult.: Système de culture ; Amend : Amendement du sol

\*: significatif à  $P \leq 0,05$ ; \*\*: significatif à  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*: significatif à  $P \leq 0,001$

Le taux de levée du sorgho a varié entre 68% et 92% en fonction des effets dus aux interactions entre la saison et la technique de conservation d'eau (TCE). Les taux relevés avec la saison 2 ont été similaires et significativement plus élevés que ceux obtenus avec la saison 1. L'interaction entre la saison 1 et « 0 travail du sol » a entraîné le plus faible taux. Ainsi contrairement à la saison hivernale 2020, la technique de conservation d'eau n'a pas eu d'influence significative sur la levée des plants de sorgho durant la saison 2021 (Figure 1).

**Tableau 3:** Le taux moyen de levée et les nombres moyens de poquets et de plants récoltés du niébé et de sorgho en fonction de l'interaction entre la saison et le système d'association

Saison*System de Culture	Niébé			Sorgho	
	Taux de levée (%)	Nombre de poquets récoltés/ha	Nombre de Plants Récoltés/ha	Nombre de Poquets Récoltés/ha	Nombre de Plants Récoltés/ha
Saison1*SC1	85,246 a	11505 c	18333 c	25625 a	48646 a
Saison1*SC2	64,152 d	9294 d	13692 d	25556 a	49687 a
Saison2*SC1	86,981 a	11146 c	18472 c	23009 b	37512 b
Saison2*SC2	90,193 a	11088 c	18287 c	22685 b	35775 b
Saison1*SC4	67,767 cd	14595 b	21921 b	19248 c	38113 b
Saison1*SC3	75,174 bc	16343 a	27106 a	19120 c	38600 b
Saison2*SC3	84,259 ab	16296 a	26215 a	18125 cd	30741 c
Saison2*SC4	89,873 a	16759 a	25856 a	17731 d	29306 c
Moyenne	80,46	13378	21236	21387	38547
CV%	16,96	13,88	19,05	7,85	12,59
Erreur Std.	3,22	395,6	1143,9	437,74	953,48
P	0	0	0	0,002	0,001

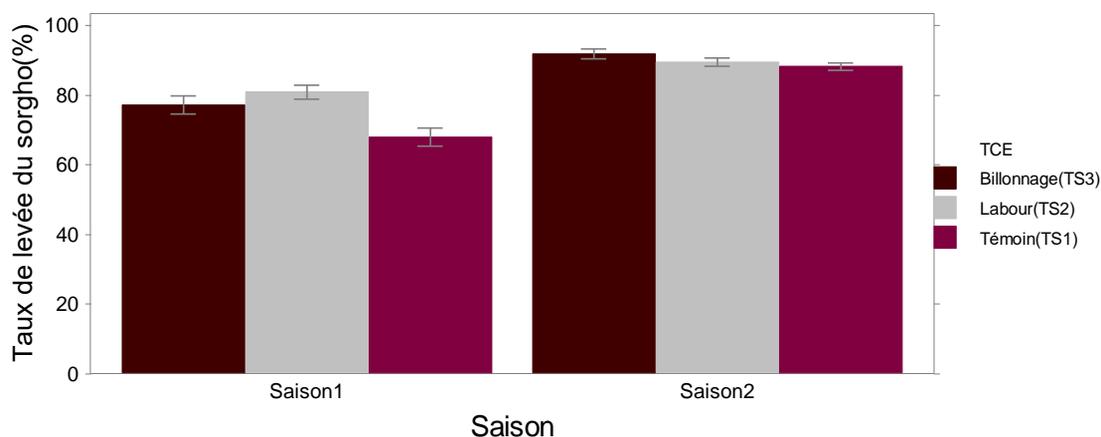
Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes à  $P \leq 0,05$

SC1 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé

SC2 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant

SC3 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port semi-érigé

SC4 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port rampant

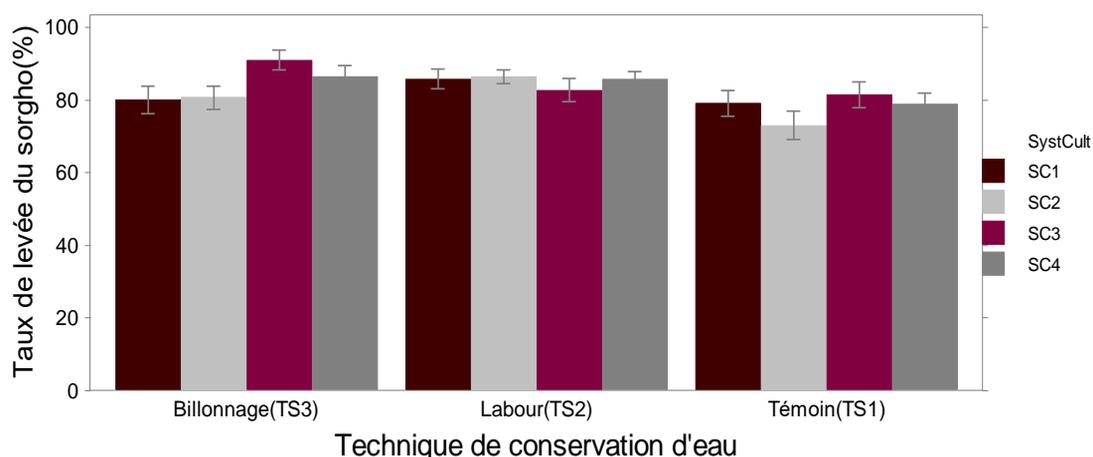


**Figure 1 :** Le taux de levée des plants de sorgho en fonction des interactions entre la saison hivernale et la technique de conservation d'eau des pluies sur la parcelle

TCE : Technique de conservation de l'eau

Le taux de levée des plants de sorgho a varié entre 91% et 73% en fonction des interactions entre la technique de conservation d'eau et le système d'association sorgho-niébé (Figure 2). Les interactions entre « 0 travail du sol » et les associations de 2 lignes de sorgho suivies de 2 lignes de niébé à port semi-érigé (SC1) ou à port rampant (SC2) et de 1 ligne de sorgho alternée de 1 ligne de niébé à port rampant (SC4) ont engendré un taux de levée inférieur à 80% qui est significativement inférieur à celui obtenu avec l'interaction entre le billonnage et l'association de 1 ligne de sorgho alternée de 1 ligne de niébé à port semi-érigé (SC3) (Figure 2).

Les nombres de plants de sorgho récoltés dans les parcelles d'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé exceptée de la parcelle amendée avec la fumure minérale seule et dans les parcelles d'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant exceptée la parcelle non fertilisée ont statistiquement été équivalents et supérieurs à ceux récoltés avec les autres interactions (Figure 3). Le faible nombre de plants récolté a été enregistré avec l'interaction entre l'association de 1 ligne de sorgho alternée de 1 ligne de niébé à port rampant (SC4) et « 0 fertilisation » (AS1).



**Figure 2 :** Le taux de levée des plants de sorgho en fonction des interactions entre la technique de conservation d'eau des pluies sur la parcelle et le système d'association sorgho-niébé.

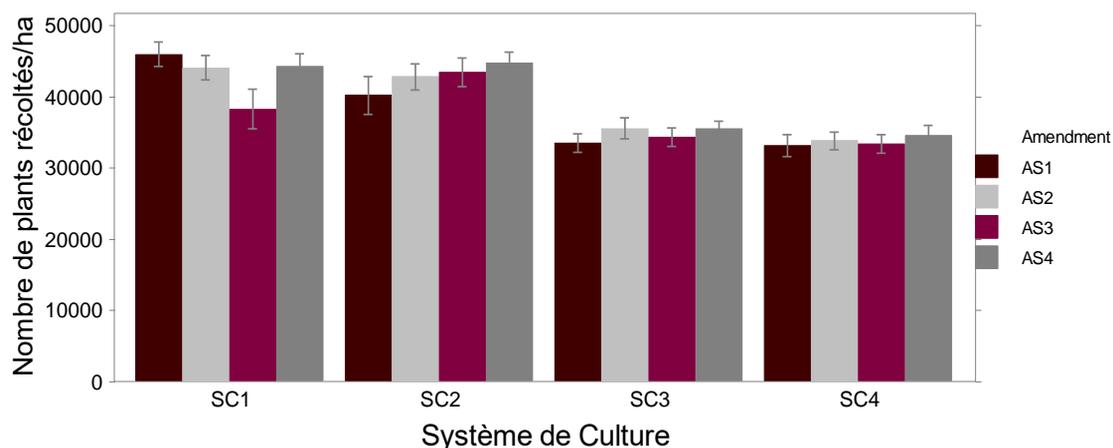
SystCult : Système de culture

SC1 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé

SC2 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant

SC3 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port semi-érigé

SC4 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port rampant



**Figure 3 :** Le nombre de plants de sorgho récoltés en fonction de l'interaction entre le système d'association sorgho-niébé et l'amendement du sol

SC1 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé

SC2 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant

SC3 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port semi-érigé

SC4 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port rampant

## 2.2. Effet des systèmes de conservation d'eau, d'amendement du sol et d'association de culture sur le développement végétatif des plants de sorgho

La saison et l'amendement du sol ont significativement influencé la hauteur moyenne et la teneur moyenne en chlorophylle des plants de sorgho 80 JAS. La technique de conservation de l'eau seule n'a pas un effet significatif sur ces deux paramètres. Cependant, ses interactions avec la saison et le système d'association sorgho-niébé ont respectivement influencé la teneur en chlorophylle et la hauteur des plants de sorgho (Tableau 4). Quant aux diamètres des tiges et des feuilles de sorgho, seul l'amendement du sol a une influence significative sur celui des feuilles (Tableau 5).

En fonction de la fertilisation, la hauteur des plants a varié entre 148 cm et 174 cm, la teneur en chlorophylle entre 70 et 73 ICD tandis que le diamètre des feuilles a été compris entre 5 et 6 cm (Tableau 6). L'amendement du sol avec la fumure minérale associé à la fumure organique a permis d'obtenir une hauteur des plants, une teneur en chlorophylle et un diamètre des feuilles plus élevés que ceux enregistrés dans la parcelle témoin sans fertilisation (AS1). La hauteur des plants (168 cm) et le diamètre des feuilles de sorgho relevés dans les parcelles amendées respectivement avec la fumure minérale seule (100 kg ha<sup>-1</sup> + 50 kg Urée ha<sup>-1</sup>) (AS3) ou la fumure organique seule (2,5 t de compost ha<sup>-1</sup>) (AS2) ont statistiquement été équivalents à ceux obtenus dans la parcelle fertilisée avec leur combinaison (2,5 t de compost ha<sup>-1</sup>+100 kg de NPK + 50 kg urée ha<sup>-1</sup> (AS4)) (Tableau 6).

**Tableau 4:** Effets d'amendement du sol, des systèmes de conservation d'eau et d'association sur la hauteur des tiges et le diamètre des tiges et le taux de chlorophylle des feuilles du sorgho

Source de variation	ddl	Carrés moyens des variables	
		Hauteur des Tiges de sorgho	Taux de chlorophylle des feuilles de sorgho
Répétition	2	19359	1293,01
Saison (A)	1	136346***	3221,37***
Technique de conservation d'eau (B)	2	849	83,9
Système de culture (C)	3	163	40,21
Amendement du sol (D)	3	10026***	99,3*
A*B	2	721	127,48*
A*C	3	213	21,68
A*D	3	464	16,22
B*C	6	831*	7,31
B*D	6	289	36,26
C*D	9	341	15,84
A*B*C	6	416	27,25
A*B*D	6	46	19,26
B*C*D	18	322	26,88
A*B*C*D	27	178	18,51
Erreur	190	334	32,09
Total	287		

TCE : technique de conservation de l'eau ; Syst. Cult.: Système de culture

\*: significatif à  $P \leq 0,05$ ; \*\*: significatif à  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*: significatif à  $P \leq 0,001$

**Tableau 5:** Effets d'amendement du sol, des systèmes de conservation d'eau et d'association sur les diamètres des tiges et des feuilles de sorgho

Source de variation	ddl	Carrés moyens des variables	
		Diamètre des tiges de sorgho (cm) durant saison 1	Diamètre des feuilles de sorgho (cm) durant saison 2
Répétition(A)	2	165,001	3,98482
Technique de conservation de l'eau(B)	2	10,799	1,21701
Erreur A*B	4	3,865	0,98183
Système de culture (C)	3	2,575	1,48851
B*C	6	3,842	0,34591
Erreur A*B*C	18	4,309	0,5452
Amendement(D)	3	6,852	5,75***
B*D	6	3,119	0,24301
C*D	9	3,64	0,27619
B*C*D	18	3,937	0,59279
Erreur A*B*C*D	72	3,47	0,76804
Total	143		

**Tableau 6 :** Effet de l'amendement du sol sur la hauteur des plants, la teneur en chlorophylle et le diamètre des feuilles de sorgho

Amendement du sol	Hauteur des plants de sorgho (cm)	Teneur en chlorophylle des feuilles (ICD)	Diamètres des feuilles de sorgho (cm)
AS4 : 2,5 t compost ha <sup>-1</sup> +100 kg NPK+50 kg urée ha <sup>-1</sup>	174,41 a	73,14 a	6,42 a
AS3 : 100 kg NPK / ha + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	167,76 a	71,49 ab	6,23 a
AS2 : 2,5 t de compost ha <sup>-1</sup>	154,96 b	70,83 ab	6,18 a
AS1 : 0 fumure (Témoin)	148,49 b	70,50 b	5,50 b
Moyenne	161,41	71,49	6,08
CV%	11,31	7,92	11,02
Erreur Std.	3,04	0,94	0,20
P	0,00001	0,02	0,0002

L'interaction entre la technique de conservation de l'eau et le système de culture a induit une hauteur des plants dans la parcelle labourée (170 cm) plus élevée que celle observée dans la parcelle sans travail de sol (153 cm), toutes abritant l'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant. Les hauteurs relevées dans les parcelles abritant les autres interactions des deux facteurs sont similaires à celles obtenues dans les deux précédentes (Tableau 7).

Le taux de chlorophylle des feuilles de sorgho a varié entre 66 et 75 ICRC en fonction de l'interactions entre la saison hivernale et la technique de conservation d'eau (TCE). Les taux relevés sur les plants bénéficiant de l'une des trois TCE ont été équivalents durant la saison 2021 et significativement supérieurs à ceux obtenus durant la saison 2020. Le plus faible taux a été observé sur les plants cultivés en 2020 avec « 0 travail du sol » (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Interactions entre la saison et l'amendement du sol ou la technique de conservation des eaux des pluies

Technique de conservation d'eau (TCE) x Système de culture (SC)	Hauteur moyenne des plants(cm)	Saison x Technique de conservation d'eau (TCE)	Teneur en chlorophylle des feuilles (ICRC)
Labour x SC2		Saison 2 x Billonnage	75,27 a
Labour x SC3		Saison 2 x Labour	74,42 a
Billonnage x SC2		Saison 2 x 0Travail	74,82 a
0Travail x SC1	170,13 a	Saison 1x Labour	70,27 b
Billonnage x SC3	166,82 ab	Saison 1 x Billonnage	68,01 bc
Billonnage x SC1	165,63 ab	Saison 1 x 0Travail	66,16 c
Billonnage x SC1	162,67 ab		
Billonnage x SC1	162,63 ab		
0Travail x SC4	162,58 ab		
Billonnage x SC4	161,93 ab		
Billonnage x SC4	161,62 ab		
Labour x SC1	161,13 ab		
0Travail x SC3	154,63 ab		
Labour x SC4	154,45 ab		
0Travail x SC2	152,67 b		

!: Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes à  $P \leq 0,05$

SC1 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé

SC2 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant

SC3 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port semi-érigé

SC4 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port rampant

### **2.3. Effet des systèmes de conservation d'eau, d'amendement du sol et d'association sur le rendement de sorgho et de niébé**

La saison, le système de culture et l'amendement du sol ont un effet significatif sur les trois composantes de rendement du niébé (poids des gousses, le poids des grains et le poids des fanes) et du sorgho (le poids des panicules, le poids des grains et le poids des tiges) (Tableau 8). La technique de conservation de l'eau (TCE) a seulement influencé le poids des gousses du niébé et les trois composantes de rendement du sorgho. L'interaction entre la saison et TCE a **influé** sur les poids des gousses et des grains du niébé et également sur les poids des grains et des tiges du sorgho alors que l'interaction entre la saison et le mode d'association a uniquement influencé le poids des fanes du niébé. Seuls les poids des panicules et des grains du sorgho ont significativement été influencés par l'interaction entre TCE et la fertilisation. La variation du nombre de plants récoltés a seulement induit une variation des poids gousses et des grains du niébé (Tableau 8).

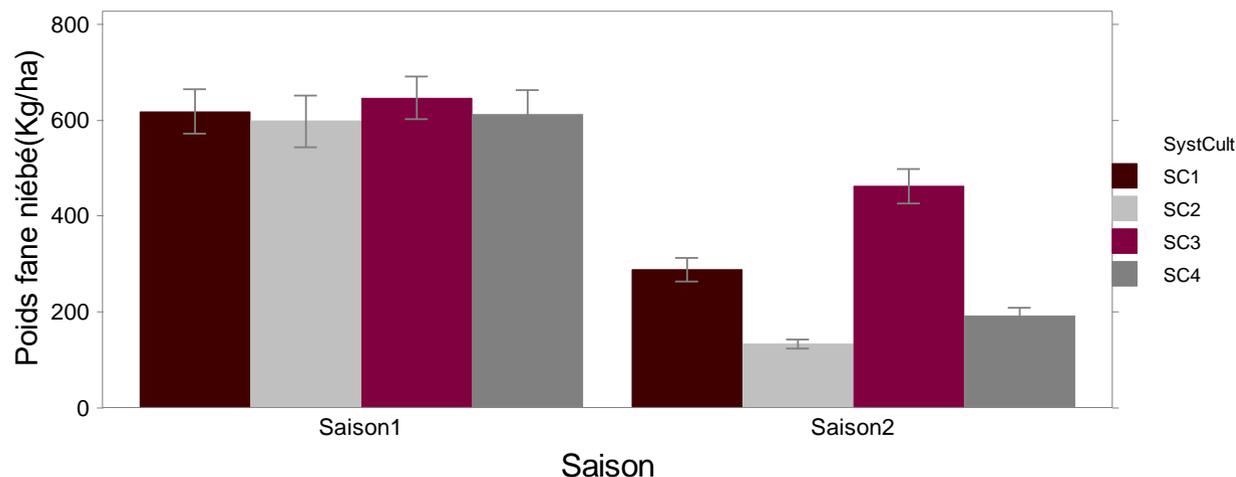
**Tableau 8 :** Effet de la technique de conservation de l'eau (TCE) et des systèmes de culture et de fertilisation sur les composantes de rendement du sorgho et du niébé

Source de variation	ddl	Niébé			Sorgho		
		Poids des Gousses (Kg ha <sup>-1</sup> )	Poids grains (Kg ha <sup>-1</sup> )	Poids des Fanés (Kg ha <sup>-1</sup> )	Poids des panicules (Kg ha <sup>-1</sup> )	Poids grains (Kg ha <sup>-1</sup> )	Poids des tiges (Kg ha <sup>-1</sup> )
Répétition	2	424865	153320	238019	1,54E+07	8833995	2,99E+07
Saison(A)	1	833259***	321348***	8767141***	3014565***	3248981***	66450000***
TCE (B)	2	165475*	36277	133665	2223454***	1391547***	5526042**
Syst. Cult. (C)	3	1413521***	621526***	244585**	891711***	383179**	5401461***
Fertilisation (D)	3	1233382***	604962***	193565*	4638043***	2632461***	10090000***
A*B	2	367431***	154524***	105640	357078	310795*	3929402*
A*C	3	17075	3763	327702***	153696	155823	1107901
A*D	3	2455	17354	33885	30621,6	36762	1744994
B*D	6	38774	26308	8960	531998**	219512*	1478744
B*C	6	63186	26966	43950	168219	107491	450305
C*D	9	42559	16426	55469	214846	108936	518935
A*B*C	6	9266	6899	32794	34131,4	20543	767242
A*C*D	9	6693	4984	45113	57038,2	33162	717971
A*B*D	6	7236	5917	35192	27195,5	5649	613900
B*C*D	18	21913	12971	47517	217824	137077	810823
A*B*C*D	18	27534	10338	33435	23816	20465	361318
NbrPtRec	1	483329***	163558**	163660	1390,15	874	3419785
Erreur	189	36201	17911	50491	138884	84630	885215
Total	287						

\*: significatif à  $P \leq 0,05$ ; \*\*: significatif à  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*: significatif à  $P \leq 0,001$

NbrPtRec : Nombre de plants récoltés

L'interaction entre la saison des pluies et le système d'association a induit une variation de 154 kg ha<sup>-1</sup> à 652 kg ha<sup>-1</sup> du rendement des fanes de niébé (Figure 4). Les poids des fanes de niébé obtenus durant la saison 1 avec les quatre systèmes d'association ont été statistiquement équivalents et supérieurs à ceux récoltés durant la saison 2 où les poids enregistrés avec les associations de 1 ou 2 lignes de sorgho respectivement alternées de 1 ou 2 lignes de niébé à port semi-érigé (SC1 ou SC3) ont été les plus élevés.



**Figure 4 :** Le rendement fanes de niébé obtenu en fonction des interactions entre la saison et le système d'association sorgho-niébé

SC1 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé

SC2 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant

SC3 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port semi-érigé

SC4 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port rampant

Les rendements gousses et grains de niébé durant la saison 1 en interaction avec chacune des trois techniques de conservation d'eau et durant la saison 2 en interaction avec « 0 travail du sol » ont été les plus élevés (Tableau 9). Le plus faible rendement grains de niébé a été enregistré durant la saison 2 dans les parcelles billonnées (446 ha<sup>-1</sup>) et labourées (488 kg ha<sup>-1</sup>).

Le rendement des tiges de sorgho a été plus élevé durant la saison 1 dans la parcelle billonnée (4 t ha<sup>-1</sup>) que ceux obtenus dans la parcelle labourée et dans la parcelle sans travail de sol ; qui sont significativement supérieurs à ceux enregistrés durant la saison 2 formant un groupe statistique. Seul le rendement grains de sorgho obtenu durant la saison 1 dans les parcelles labourée ou billonnée a significativement été plus élevé que ceux obtenus dans les autres parcelles. Le plus faible rendement grains de sorgho a été relevé durant la saison 2 dans la parcelle sans travail de sol (257 kg ha<sup>-1</sup>) qui forme un groupe homogène avec ceux dans les parcelles labourée ou billonnée de la même saison (Tableau 9).

**Tableau 9** : L'effet résultant de l'interaction entre la saison et la technique de conservation de l'eau sur les rendements moyens de sorgho et du niébé

Interaction Saison x Technique de conservation de l'eau	Niébé		Sorgho	
	Poids des gousses (Kg/ha)	Poids grains (Kg/ha)	Poids grains (Kg/ha)	Poids des tiges (kg/ha)
Saison 2 x Billonnage	627,57 b	445,93 c	393,81 bc	1986,5 c
Saison 2 x Labour	694,31 b	488,26 bc	329,88 bc	2024,7 c
Saison 2 x 0 Travail du sol	832,87 a	562,71 ab	256,88 c	1754,7 c
Saison 1 x Labour	837,56 a	560,42 ab	746,96 a	3227 b
Saison 1 x Billonnage	845,03 a	594,58 a	812,65 a	3999,7 a
Saison 1 x 0 Travail du sol	808,72 a	550,91 ab	477,68 b	3318,3 b

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes à  $P \leq 0,05$

Les interactions résultantes du labour et de l'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant (SC2), du billonnage et l'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé (SC1) ou l'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant (SC2) ont entraîné un rendement en panicules élevé qui n'est pas significativement différent de celui obtenu avec cinq autres interactions (Tableau 10). Les faibles rendements panicules ont résulté des interactions entre « 0 travail du sol » avec l'association de 1 ligne de sorgho alternée de 1 ligne de niébé à port semi-érigé (SC3) ou l'association de 1 ligne de sorgho

alternée de 1 ligne de niébé à port rampant (SC4), qui forment un même groupe avec ceux obtenus avec six autres interactions entre la technique de conservation de l'eau et le système d'association (Tableau 10).

L'interaction entre l'association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé et l'amendement de 2,5 t de compost ha<sup>-1</sup>+100 kg de NPK + 50 kg Urée ha<sup>-1</sup> (SC1 x AS4) a engendré un rendement panicules de sorgho élevé (1,3 t ha<sup>-1</sup>) qui a été statistiquement équivalent à ceux obtenus dans les parcelles labourées abritant les associations de 1 ligne de sorgho suivie de 1 ligne de niébé à port semi-érigé ou rampant (AS3 ou AS4) avec cinq autres interactions et dans les parcelles sans travail du sol (SC1) ou billonnées (SC3) abritant l'association de 1 ligne de sorgho suivie de 1 ligne de niébé à port semi-érigé (SC3). Le faible rendement panicule (345 kg/ha) a été enregistré dans la parcelle amendée avec 2,5 t de compost /ha (AS2) portant l'association 1 ligne de sorgho alternée de 1 ligne de niébé à port rampant (SC4), lequel rendement a été similaire à celui de huit autres interactions entre la fertilisation et le système d'association (tableau 10).

**Tableau 10 :** Le rendement moyen de panicules de sorgho en fonction des interactions entre le système d'association et la technique de conservation de l'eau, le travail du sol

Interaction Système de Culture x Technique de conservation de l'eau	Poids des panicules (kg/ha)	Interaction Système de Culture x Amendement du sol	Poids des panicules (kg/ha)
Billonnage x SC3	852,6 ab	SC1 AS1	611,4 def
Labour x SC2	1018,8 a	SC2 AS4	1270,9 ab
Billonnage x SC4	742,6 abc	SC1 AS4	1336 a
Labour x SC1	843,8 abc	SC1 AS2	758,3 cdef
Labour x SC4	548,6 bc	SC2 AS3	1083,9 abc
Labour x SC3	756 abc	SC2 AS2	669,4 cdef
0 Travail du sol x SC3	489,2 c	SC2 AS1	641,2 def
Billonnage x SC2	1070 a	SC1 AS3	906,2 abcd
Billonnage x SC1	1020,6 a	SC3 AS2	510,3 def
0 Travail du sol x SC1	844,5 abc	SC3 AS4	823,9 bcde
0 Travail du sol x SC4	464,3 c	SC4 AS4	794,1 cde
0 Travail du sol x SC2	660,3 bc	SC3 AS3	920,7 abcd
		SC4 AS2	345,3 f
		SC3 AS1	542,2 def
		SC4 AS3	791,5 cde
		SC4 AS1	409,7 ef

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes à P ≤ 0,05

SC1 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port semi-érigé

SC2 : Association de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port rampant

SC3 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port semi-érigé

SC4 : Association de 1 ligne de sorgho alternées de 1 ligne de niébé à port rampant

AS1 : 0 Fumure (Témoin)

AS2 : 2,5 t de compost ha<sup>-1</sup>

AS3 : 100 kg NPK + 50 kg urée ha<sup>-1</sup> ; AS4 : 2,5 t compost+100 kg NPK+50 kg urée ha<sup>-1</sup>

S'agissant de l'influence due à l'interaction entre la Technique de conservation de l'eau et la fertilisation, le rendement panicule a significativement été plus élevé dans les parcelles billonnées (1,1 – 1,4 t ha<sup>-1</sup>) suivies des parcelles labourées (0,9 – 1 t ha<sup>-1</sup>) toutes amendées avec 100 kg NPK ha<sup>-1</sup>+ 50 kg urée ha<sup>-1</sup> (AS3) ou avec 2,5 t de compost ha<sup>-1</sup>+100 kg de NPK + 50 kg Urée ha<sup>-1</sup> (AS4). Par contre le rendement grains élevé (713 – 958 kg ha<sup>-1</sup>) a été observé dans les parcelles billonnées fertilisées avec AS3 ou AS4 et uniquement dans la parcelle labourée amendée avec AS4 (Tableau 11).

**Tableau 11** : Le rendement moyen de panicules et de grains de sorgho en fonction de l'interactions entre la technique de conservation de l'eau et l'amendement du sol

Interaction Technique de conservation de l'eau x amendement du sol		Rendement du sorgho (kg ha <sup>-1</sup> )	
		Panicules	Grains
Billonnage	x 2,5 t compost+100 kg NPK+50 kg urée ha <sup>-1</sup>	1404,4 a	958,08 a
Billonnage	x 100 kg NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	1108,2 ab	723,39 ab
Labour	x 2,5 t compost+100 kg NPK+50 kg urée ha <sup>-1</sup>	1033,3 bc	713,02 ab
Labour	x 2,5 t compost+100 kg NPK+50 kg urée ha <sup>-1</sup>	909,4 bcd	649,67 bc
Labour	x 100 kg NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	759,1 bcde	479,49 bcd
0 Travail du sol	x 100 kg NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	731 cde	467,61 bcd
0 Travail du sol	x 100 kg NPK + 50 kg urée ha <sup>-1</sup>	661,4 de	402,43 cd
0 Travail du sol	x 2,5 t compost+100 kg NPK+50 kg urée ha <sup>-1</sup>	629,8 de	383,57 cd
0 Travail du sol	x 2,5 t compost+100 kg NPK+50 kg urée ha <sup>-1</sup>	563,2 de	388,57 cd
Labour	x 2,5 t de compost ha <sup>-1</sup>	546,9 e	289,19 d
Billonnage	x 2,5 t de compost ha <sup>-1</sup>	543,3 e	347,89 d
Labour	x 0 Fumure (Témoin)	421,3 e	232,84 d
0 Travail du sol	x 0 Fumure (Témoin)		
Billonnage	x 0 Fumure (Témoin)		
0 Travail du sol	x 2,5 t de compost ha <sup>-1</sup>		

Les valeurs suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes à  $P \leq 0,05$ .

## Discussion

L'influence du système de culture sur le taux de levée et les nombres de poquets et de plants de sorgho ou de niébé récoltés révèle que la différence du nombre de plants de sorgho ou niébé induite par le mode d'association sorgho-niébé est statistiquement significative.

L'homogénéité des taux de levée et de chlorophylle des plants de sorgho cultivés avec les trois techniques de conservation de l'eau (TCE) durant la saison pluie 2020 et leur différence significative avec ceux de la saison 2021 seraient dues à la répartition des pluies des semis à la levée plus régulière en saison 1 (2020) qu'en saison 2 (2021). En effet, durant cette phase, 152,5 mm ont été enregistrés en 2020 en 9 jours de pluies alors que 192 mm ont été enregistrés en 2021 en six jours de pluie.

La chlorophylle des feuilles est un des principaux indicateurs de la verdure des feuilles, et elle est souvent utilisée pour évaluer des carences en nutriments et des variations de la chlorophylle dans les feuilles des plantes (Ali *et al.*, 2017). Nos résultats ont montré qu'indépendamment des systèmes de gestion des eaux de pluies et de fertilité du sol des parcelles expérimentales, la teneur en chlorophylle des plants de sorgho a été plus élevée en année de faible pluviosité couplée avec une mauvaise répartition des pluies (Saison 2) qu'en année de forte pluviométrie et mieux répartie (Saison 1). Des corrélations significatives ont été rapportées entre la teneur en chlorophylle et l'azote foliaire dans des cultures (Wang *et al.*, 2014 ; Kalacska, Lalonde & Moore, 2015).

La hauteur des plants de sorgho a été plus élevée en année de forte pluviométrie et plus ou moins mieux répartie. L'interaction entre la forte pluviosité couplée à une bonne répartition des pluies et la forte fertilisation (AS3 et AS4) a entraîné une hauteur des plants de sorgho significativement plus élevée que celle résultante de son interaction avec la faible fertilisation (AS1 et AS2). Par contre en année de faible pluviométrie, l'amendement du sol n'a pas eu une influence significative sur la hauteur des plants de sorgho. Ainsi, la hauteur des plants de sorgho est fonction de la dose de fertilisants qui sont mieux valorisés dans la nutrition des plants en année de bonne pluviométrie.

Les résultats ont montré que le rendement d'une culture donnée dans une exploitation donnée est sous l'influence concomitante de trois principaux facteurs à savoir les conditions pluviométriques, la gestion de la fertilité et de l'eau du sol et le système de culture.

Les rendements panicules et grains obtenus avec l'interaction entre le billonnage et l'amendement du sol avec la fumure organique associée à la fumure minérale (2,5 t de compost ha<sup>-1</sup>+100 kg de NPK + 50 kg urée ha<sup>-1</sup> (AS4)) plus élevés que ceux enregistrés avec l'interaction entre le billonnage et la fumure organique seule (AS2)

révèle non seulement la pauvreté des sols cultivés mais aussi que l'apport de compost seul ne permet pas de corriger les déficiences en éléments minéraux du sol. La pauvreté des sols est intimement liée à leur état de dégradation si bien que Sidibé (2004) recommande que les services d'appui au développement rural au Burkina Faso devraient d'abord concentrer leur intervention sur la sensibilisation des agriculteurs au problème de la dégradation des sols avant de les former aux pratiques de conservation des sols.

La dégradation structurelle, biochimique et hydrologique des sols, due au travail répété du sol, entraîne la formation de croûtes en surface et le compactage des couches plus profondes du sol (Zida, 2011). La surface du sol ainsi détériorée est plus sensible à l'augmentation des pertes d'eau par ruissellement et par conséquent à l'augmentation de l'érosion du sol (Stroosnijder, 2009) en raison des températures élevées et des pluies de forte intensité en début des campagnes agricoles.

Une fois que les sols fertiles de surface ont été érodés, les sous-sols compacts empêchent l'infiltration de l'eau des pluies (Zida, 2011), ce qui affecte la production des cultures. La présente étude montre aussi que l'apport de fertilisant est mieux valorisé avec une rétention d'eau des pluies sur la parcelle par le billonnage. Matusso *et al.* (2014) soulignent que la disponibilité de l'eau est l'un des facteurs les plus importants qui déterminent la productivité dans les systèmes de culture intercalaire de céréales et de légumineuses.

La culture intercalaire, pratique agricole consistant à cultiver deux ou plusieurs plantes dans le même espace au même moment, est une pratique ancienne et couramment utilisée qui vise à faire correspondre efficacement les demandes des cultures aux ressources de croissance et à la main-d'œuvre disponibles (Lithourgidis *et al.*, 2011). L'avantage le plus courant de la culture intercalaire est la production d'un rendement plus élevé sur une parcelle de terre donnée en utilisant plus efficacement les ressources de croissance disponibles grâce à une association de cultures dont la capacité d'enracinement, la structure du couvert, la hauteur et les besoins en nutriments sont différents, en fonction de l'utilisation complémentaire des ressources de croissance par les cultures associées (Lithourgidis *et al.*, 2011). Nos résultats confirment les observations de Lithourgidis *et al.* (2011). En effet, les rendements panicules élevés enregistrés avec les associations de 2 lignes de sorgho alternées de 2 lignes de niébé à port érigé ou rampant dans les parcelles billonnées ou amendées de fumure organo-minérale montre que ces systèmes cultureux contribuent à un meilleur rendement du sorgho quel que soit le type du port de la légumineuse. Toutefois, certaines combinaisons céréale-légumineuse ont des effets négatifs sur les composantes de rendement dans le système de culture intercalaire (Matusso *et al.*, 2014).

Les futures études évalueront la capacité de rétention des eaux de pluies du labour et du billonnage cloisonné en comparaison avec '0 travail du sol' dans des systèmes d'association sorgho-niébé versus la monoculture du sorgho. Elles évalueront également

les corrections de déficience et les améliorations d'efficacités d'utilisation des nutriments du sol par les cultures de sorgho et de niébé en association ou non et la contribution du niébé à la fertilité du sol liée à son habilité à fixer l'azote atmosphérique.

Les systèmes de culture intercalaire céréales-légumineuses et les techniques de conservation des eaux de pluies sur la parcelle comme le labour et le billonnage cloisonné expérimentés dans la présente étude ne semblent pas pratiques sur de grandes superficies encore moins dans une dynamique de mécanisation de l'agriculture. Ainsi, ces pratiques culturales ne peuvent être recommandées que dans des systèmes de petites exploitations agricoles en Afrique subsaharienne où leur combinaison avec l'amendement du sol basé sur fumure organo-minérale contribuera à améliorer significativement la productivité agricole.

## Conclusion

Les résultats ont montré une amélioration des rendements des cultures associées, en particulier pour le sorgho qui est la base de l'alimentation des populations rurales. Cette amélioration révèle l'existence d'une déficience en nutriments du sol qui serait corrigée par une fertilisation organo-minérale dont l'efficacité est conditionnée par une bonne conservation des eaux de pluies. Le billonnage cloisonné suivi du labour ont contribué à la rétention de l'eau des pluies sur la parcelle qui aurait amélioré l'efficacité d'utilisation des amendements du sol par les plants de sorgho et du niébé. Les systèmes d'association de 2 lignes de sorgho alternées avec 2 lignes de niébé à port érigé ou rampant contribuent à un meilleur rendement du sorgho dans des parcelles amendées avec une fumure organo-minérale.

## Remerciements

Les auteurs sont reconnaissants au Programme de Laboratoire d'Innovation et d'Intensification Durable (accord de coopération n° AID-OAA-L-14-00006) (SIIL-Burkina) pour la prise en charge des coûts des activités de recherche. Ils remercient également l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) du Burkina Faso pour la mise à disposition de ses infrastructures ayant facilité la conduite de l'étude.

## Références bibliographiques

Ali M.M., Al-Ani A., Eamus D. et Tan D.K.Y., 2017. Leaf nitrogen determination using non-destructive techniques—a review. *Journal of Plant Nutrition*. **40** (7) :928–953.

Bationo A., Kimetu J., Ikerra S., Kimini S., Mugendi D., Odendo M., Silver M., Swift M.J., Sanginga N., 2004. The African Network for Soil Biology and Fertility: New Challenges and Opportunities. pp. 1-23. In: *Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa* (Ed. Bationo A). Academy Science Publishers, Nairobi, Kenya.

Kalacska M., Lalonde M. et Moore T.R. 2015. Estimation of foliar chlorophyll and nitrogen content in an ombrotrophic bog from hyperspectral data: Scaling from leaf to image. *Remote Sensing of Environment*, **169** : 270-279.

Lithourgidis A.S., Dordas C.A., Damalas C.A. et Vlachostergios D.N., 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (4):396-410

Wang Y., Wang D., Shi P. & Omasa K., 2014. Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light. *Plant Methods*, **10** (36): 1-11.

Lybbert T. et Sumner D., 2010. *Agricultural Technologies for Climate Change Mitigation and*

*Adaptation in Developing Countries: Policy Options for Innovation and Technology Diffusion*. ICTSD/Food & Agricultural Trade, Issue Brief No. 6, 32 p.

MAAH, 2019. Rapport général des résultats définitifs de la campagne agricole 2018/2019 et des perspectives de la situation alimentaire et nutritionnelle. Ouagadougou. Burkina Faso. 95 p.

Matusso, J.M.M., Mugwe, J.N. et Mucheru-Muna, M., 2014. Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of Sub-Saharan Africa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, **3**(3): 162-174.

Ouédraogo N., Thio G. I., Sanou A., Kouraogo I., Boro O., Sawadogo A.P., Yonli D., Gracen V., Nebie B., 2022. Agronomic performance and adaptability study of New Guinea lines in sudanian and sudano-sahelian zones. *Journal of Applied Biosciences*, **167**: 17320 – 17334.

Padgham J., 2009. *Agricultural development under a changing climate: Opportunities and challenges for adaptation*. Agriculture and Rural Development & Environment Departments, Joint Departmental Discussion Paper- Issue 1, 168 p.

Sidibe A., 2003. Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, **71**: 211–224.

Stroosnijder L., 2009. Modifying land management in order to improve efficiency of rainwater use in the African highlands. *Soil & Tillage Res.* 103, 247-256.

Zida Z., 2011. Long-term effects of conservation soil management in Saria, Burkina Faso, West Africa. Thèse de Doctorat, Université de Wageningen, Wageningen, Netherland, 142 p.