

Etude des modalités d'association maïs/niébé dans les villages de Koumbia et Gombêlédougou en zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso

Awa BARRO^{1,2*}, Mamadou SANGARE², Kalifa COULIBALY³,
Mahamoudou KOUTOU² et Mahamadoun A. DIALLO²

Résumé

L'effet positif des associations culturales céréales-légumineuses sur la fertilité des sols et la productivité des systèmes de culture est bien connu. Cependant, les travaux dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso ont montré leur effet négatif sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.). Quelle modalité d'association maïs/niébé permettrait de réduire la compétition entre le maïs et le niébé afin d'obtenir de meilleures performances agronomiques et économiques ? L'étude a été menée en 2013 par 36 producteurs dans deux villages de la commune de Koumbia (Burkina Faso) afin de tester diverses modalités d'association maïs/niébé. Pour chaque producteur, l'étude comportait les traitements suivants : maïs en culture pure (T0), maïs + niébé sur chaque ligne de maïs (T1), maïs + niébé sur chaque 2^e ligne de maïs (T2) et maïs + niébé sur chaque ligne de maïs, semé à 30 jours d'intervalle (T3). Les résultats montrent que la compétition entre le maïs et le niébé a tendance à être plus rude sur le rendement en maïs grain dans le traitement T1 comparé aux traitements T0 et T2. Cette étude révèle que l'effet de la compétition entre les deux cultures augmente avec la densité du niébé.

Mots-clés : Cultures associées, densité de niébé, rendement en maïs grain, compétition, Burkina Faso

Study of maize/cowpea intercropping in the villages of Koumbia and Gombêlédougou in cotton zone of western Burkina Faso

Abstract

The positive effect of cereal/legume intercropping on soil fertility and crop system productivity is well known. However, research in cotton growing area of western Burkina Faso showed their negative effect on maize (*Zea mays* L.) yield. What maize/cowpea intercropping would reduce the competition between maize and cowpea to obtain best agronomic and economic performance? The study was led in 2013 by 36 farmers in two villages of the municipality of Koumbia (Burkina Faso) in order to test various intercropping of maize/cowpea. For every farmer the study included the following treatments : maize in pure culture (T0), maize + cowpea on every line of the maize (T1), maize + cowpea on every second line of maize (T2), and maize + cowpea on every line of maize, sowed in 30 days apart (T3). The results show that the competition between maize and cowpea was very high on maize grain yield in the treatment T1 compared with treatments T0 and T2. This study showed that the effect of the competition between both crop increases with the density of the cowpea.

Keywords: intercropping, cowpea density, maize yield, competition, Burkina Faso

¹ Direction Régionale de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques des Cascades ;

² Centre Internationale de Recherche Développement sur l'Élevage en Zone Subhumide (CIRDES), Unité de Recherche sur les Productions Animales (URPAN) ;

³ Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Institut de Développement Rural (IDR)

* Auteur des correspondances : Awa BARRO (BP : 39, Banfora, Tél. : (226) 71 02 37 23 ; barroawa15@yahoo.fr)

Introduction

Au Burkina Faso, l'agriculture occupe 80% de la population active et participe pour plus de 40 % au Produit Intérieur Brut (PIB). Toutefois, il convient de souligner que cette agriculture demeure marquée par une faible productivité. En effet, le système de gestion des terres agricoles qui consistait en une alternance des cultures extensives pendant 3 à 5 ans et une mise en jachère sur une longue période d'au moins 10 ans (Pieri, 1989 ; Bacyé, 1993), est confronté à une grave crise de productivité liée aux effets des phases de sécheresse et à la dégradation de la qualité des terres cultivables.

Dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso, le système de culture continue couplée à l'exportation des nutriments par des cultures exigeantes (coton et maïs) sur des sols pauvres, sont des facteurs qui maximisent les risques de baisse de la fertilité des sols, avec comme conséquences la baisse des rendements agricoles, la baisse des revenus et plus globalement la fragilisation de la sécurité alimentaire. La détérioration des systèmes de production et l'épuisement des sols en éléments nutritifs sont aggravés par une forte croissance démographique, qui mène à la surexploitation des terres et à la dégradation des ressources naturelles, limitant encore plus les performances de production rurale. Ainsi, tout comme les productions végétales, l'élevage souffre d'une baisse continue de productivité, le problème-clé étant le manque de fourrage de bonne qualité, notamment pendant la saison sèche.

Dans la Province du Tuy où ont été conduits nos essais, le système n'arrive pas à assurer une alimentation convenable des animaux (40 UBT/km²). Une étude préliminaire (Vall, 2009) indiquait qu'en 2008, le coton occupait 45 % de l'assolement, le maïs 28 %, le sorgho 13 % et le reste (14 %) était occupé par les cultures secondaires (mil, arachide, niébé...). Dans les systèmes de culture à base de cotonnier et de céréales qui prédominent dans cette zone, la fertilisation minérale seule ne permet pas de maintenir la fertilité des sols (Bado, 2002 ; Mills et Fey, 2005). Les légumineuses n'occupent qu'une part marginale (5 %) des assolements (Vall, 2009), alors qu'elles peuvent améliorer la fertilité du sol notamment leur statut azoté, qu'elles soient cultivées en rotation ou en association.

Plusieurs travaux conduits sur les légumineuses indiquent qu'elles peuvent permettre (i) d'améliorer la fertilité des sols par la fixation symbiotique de l'azote de l'air (Bado, 2002 ; Carsky *et al.*, 2003 ; Baijikya *et al.*, 2006 ; Gbakatchetche *et al.*, 2010), (ii) de produire du fourrage de qualité pour les animaux (Zoundi *et al.*, 2006 ; Bambara *et al.*, 2008) et (iii) de procurer des revenus pour les exploitations agricoles (Ouédraogo, 2004). Raison pour laquelle, des essais basés sur différents modes d'associations maïs/niébé ont été menés afin d'encourager les producteurs à la mise en place des cultures associées céréales/légumineuses. Cultiver les légumineuses et les graminées en association permet de tirer profit des aptitudes des deux familles. La légumineuse tout en améliorant la ration de fourrage procure l'azote nécessaire pour la graminée, tandis que la graminée contrôle les adventices. Par ailleurs, lorsque les deux espèces sont associées, elles exercent l'une sur l'autre des compétitions pour les ressources du milieu (eau, azote, lumière...), ce qui ne leur permet pas de rattraper le rendement des cultures pures (Juste *et al.*, 2009). Ainsi notre étude a été réalisée en 2013 et avait pour objectif de déterminer les modalités d'association maïs/niébé qui permettraient de réduire la compétition entre le maïs et le niébé.

Matériel et méthodes

Matériel

Site d'étude

Nos travaux se sont déroulés dans deux (2) villages (Koumbia et Gombêlédougou) de la commune de Koumbia en 2013. Situé à 34 km au Sud-Ouest de Houndé et 67 km à l'Est de Bobo-Dioulasso, Koumbia (Latitude 12°42'20" N ; Longitude 4°24'01" E ; Altitude 290 m) (Blanchard, 2005) est une commune rurale de la province du Tuy. Le climat de type soudanien est caractérisé par un régime pluviométrique monomodal avec une moyenne pluviométrique annuelle variant de 800 à 1100 mm. Les mois de juillet et août sont généralement les plus pluvieux. Les terres cultivables sont représentées par les sols ferrugineux, les sols bruns eutrophes, les sols gravillonnaires, les sols sablo-argileux et les sols hydromorphes (DREP-Ouest Burkina Faso, 2001). Le réseau hydrographique des deux villages est constitué de plusieurs cours d'eau temporaires. Selon Blanchard (2005), les deux principaux cours d'eau de Koumbia sont le Saramboué et le Djouanhonti. Ceux de Gombêlédougou se rejoignent en deux branches principales pour se jeter dans la Bougouriba au Sud. La végétation se compose de savanes arbustives et arborées, à la périphérie du territoire de Koumbia ou le long des cours d'eau. La forêt classée de la Mou matérialisant la limite du territoire au Sud, présente par endroits des forêts denses à *Cola cordifolia* et *Terminalia laxiflora* et des forêts claires à *Gardenia erubescens* et *Daniella oliveri*. Les principales espèces végétales rencontrées sont : le karité, le detarium, le résinier, le néré, le tamarinier et le jujubier. A Gombêlédougou, la végétation est composée des mêmes espèces, cependant elles sont moins importantes qu'à Koumbia.

Matériel végétal

Le matériel végétal est composé d'une variété de maïs, la SR21 et de deux variétés de niébé, la K VX771 (variété V1) et la K VX396-4-5-2D (variété V2). La variété de maïs SR21 a un cycle de production de 97 jours, elle est résistante à la striure avec un rendement potentiel de 4,5 t/ha. La variété de niébé K VX771 a un cycle de 90 jours, avec une forte productivité fourragère. La deuxième variété K VX396-4-5-2D a un cycle de 70 jours, avec un rendement en grain variant de 1,5 à 2 t/ha. Toutes les deux variétés de niébé sont résistantes au Striga et à la sécheresse (INERA, 1987).

Le choix du maïs comme culture principale par rapport au mil et au sorgho tient en premier lieu à son caractère productif (rendement nettement supérieur), en plus d'avoir été recommandé comme plante de rotation du cotonnier (le milieu d'étude étant situé dans une zone cotonnière) mais également au fait que c'est la culture principale dans la zone.

Produits chimiques

Le NPK et l'Urée sont les engrais minéraux utilisés au cours des essais aux doses respectives de 150 kg/ha et 50 kg/ha. L'herbicide de prélevée, le glyphosate (1 l/ha), a été utilisé pour assurer l'entretien des parcelles. Les produits sont appliqués sur toute la parcelle.

Méthodes

Choix des producteurs

Lors d'une rencontre initiée dans chacun des deux villages pour discuter avec l'ensemble des producteurs, et présenter les protocoles et les itinéraires techniques culturels des expérimentations, des producteurs ont été retenus en considérant leur disponibilité (pour les producteurs partenaires du projet) et leur capacité (possession d'une parcelle de 0,50 ha pour les nouveaux producteurs) mais également sur la base du choix entre le niébé et le mucuna. L'association maïs/mucuna exigeant la possession de 5 charrettes de fumure organique, les producteurs qui avaient expérimenté antérieurement l'embouche bovine, ont été privilégiés. Ainsi, nos essais ont été mis en place par 36 producteurs volontaires, soit 18 à Koumbia et 18 à Gombêlédougou.

Dispositif expérimental

Chaque producteur des 2 villages a testé les traitements suivants sur une parcelle d'un demi hectare (0,5 ha), subdivisée en 4 parcelles élémentaires de 1250 m² chacune :

T0 : maïs en culture pure ;

T1 : maïs + niébé (variété V1) semé sur toutes les lignes de maïs ;

T2 : maïs + niébé (variété V1) semé sur chaque 2^e ligne de maïs ;

T3 : maïs + niébé (variété V2) semé sur toutes les lignes de maïs.

Le maïs est semé sur toutes les parcelles aux écartements de 80 cm en interligne et 40 cm entre les poquets. Les deux variétés de niébé sont semées après chaque poquet de maïs. La variété V1 a été semée 15 jours après le maïs pour les traitements T1 et T2, et la variété V2 semée 30 jours après le maïs pour le traitement T3.

Collecte des données

Afin d'assurer le suivi des essais de chaque producteur et dans chacun des 2 villages, des fiches de suivi ont été élaborées. Ces fiches ont servi également à l'enregistrement des données liées à l'enherbement, la densité des cultures et la production de chaque culture (rendement grain et rendement fourrage) obtenue par mesures.

Les densités du maïs et du niébé ont été déterminées par comptage des plants, sur des placettes de 12 m² (4 m x 3 m) identifiées de façon aléatoire par jet de bâton à raison de 3 placettes par traitement disposées diagonalement.

Le recouvrement du sol par les mauvaises herbes est déterminé également sur les mêmes placettes de 12 m² à 15-20 et 50-60 jours après semis du maïs. L'enherbement est estimé en pourcentage à l'aide d'une échelle de notation allant de 1 à 9 (1 = recouvrement nul et 9 = recouvrement total) (Coulibaly, 2012).

Les rendements du maïs et du niébé ont été mesurés à partir de l'échantillon de plantes récoltées sur les placettes identifiées : le poids des épis et des tiges de maïs, ainsi que le poids des gousses et des fanes de niébé.

Détermination des paramètres agronomiques

Plusieurs concepts ont été mis au point pour estimer les rendements des cultures associées à l'hectare (ha) :

$Rdt\ m\ (kg/ha) = PfE * (PesG/PefE) * (10000/12\ m^2) * (Pees/Peef)$, pour les grains de maïs, mais également pour la paille de maïs et la fane de niébé.

$Rdt\ n\ (kg/ha) = PsG * (10000/12\ m^2) * (Pees/Peef)$, pour les graines de niébé car c'est toutes les gousses des 3 placettes qui furent récoltées comme échantillon (pour les traitements T1, T2 et T3).

Avec : Rdt m = Rendement maïs ; Rdt n = Rendement niébé ; PfE = Poids frais épis ; PsG = Poids sec graines ; PesG = Poids échantillon sec grains ; PefE = Poids échantillon frais épis ; Pees = Poids étuve échantillon sec ; Peef = Poids étuve échantillon frais.

Variables économiques calculées

Différentes valeurs ont été calculées : le produit brut, le coût total des travaux, la charge brute et la marge brute. Cette dernière variable a permis de comparer les richesses produites par chaque traitement dans l'association culturale.

La marge brute s'obtient par une soustraction entre le produit brut et la charge brute. Cependant, le produit brut est la somme des différents produits bruts du maïs et du niébé, obtenus à partir du produit entre la production et le prix unitaire (Fcfa/kg) de chaque culture. Le kilogramme du maïs grain sur le marché était de 125 Fcfa et celui du niébé était de 250 Fcfa. Également, la valeur protéique de la fane de niébé la rend plus chère par rapport à la paille de maïs, respectivement 50 Fcfa/kg et 5 Fcfa/kg. Ces différents prix ont été obtenus grâce à des enquêtes effectuées dans les différents marchés locaux de la ville de Bobo-Dioulasso.

La charge brute n'est autre que la somme des dépenses et du coût total des temps de travaux obtenu par le produit entre les temps mis (hj) et le prix de la main d'œuvre, à 750 Fcfa/hj.

Analyse des données

EXCEL est le logiciel qui a permis la saisie des données sur l'itinéraire technique et la récolte. Le logiciel XLSTAT (2013) fût utilisé pour l'Analyse de Variance (ANOVA) des différentes données agronomiques et économiques, le test de Newman Keuls permettant de comparer les moyennes au seuil de probabilité de 5 %. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) furent réalisées, nous permettant d'obtenir plus de précision. Pour l'ACP, les variables liées à l'itinéraire technique et aux rendements ont été retenues comme des variables actives. Les variables liées aux caractéristiques des exploitations (nombre d'actifs) et les variables économiques ont été considérées comme des variables supplémentaires.

Résultats et discussion

Résultats

Analyse de la diversité des caractéristiques des parcelles et des itinéraires techniques des systèmes de culture

La matrice de corrélation (issue de l'analyse en composantes principales) (tableau I) montre que le rendement grain du maïs est positivement corrélé au précédent cultural (3 années) et négativement corrélé à l'écart entre le semis et le sarclage. On note également que le rendement grain niébé est positivement corrélé au rendement grain maïs et négativement corrélé au taux d'enherbement à 50-60 jours après semis du maïs. Les rendements en tige et en fourrage et la densité de maïs sont également corrélés positivement de même que la densité de niébé et le rendement en fane.

La CAH des données a permis de définir 4 classes (C1, C2, C3 et C4) de producteurs. Elle indique que la C1 regroupe 24 producteurs, les classes C2 et C3 ont chacune le même nombre de producteurs (5) et la C4 comporte 2 producteurs. La C2 regroupe les producteurs ayant obtenu les meilleures performances techniques et économiques, grâce à des semis précoces et des densités de maïs et niébé élevées par rapport à celles des autres producteurs. Les classes C1 et C3 sont composées des producteurs ayant obtenu des résultats moyens avec des semis plus ou moins tardifs et des densités de maïs et niébé faibles pour la C3 mais élevées pour la C1. La C4 regroupe les producteurs ayant obtenu de mauvaises performances économiques et des performances agronomiques élevées par rapport à celles des autres producteurs (surtout les rendements tige, fane et fourrage), dû à des densités très élevées de maïs et de niébé (70000-80000 pour le maïs et 20000-30000) (tableau II).

Effets des facteurs de variabilité sur les performances agronomiques des systèmes de culture

Les résultats ont indiqué une différence non significative entre les rendements (grain maïs, tige et fourrage) des systèmes de culture dans toutes les classes. Egalement même si des rendements grain maïs élevés s'observent chez les producteurs de la classe C2, on note dans cette classe, une similarité statistique entre les traitements T0 (2070,92±1018 kg/ha) et T2 (2284,87±543 kg/ha) et les traitements T1 (1074,72±433 kg/ha) et T3 (1503,62±753 kg/ha). Il en est de même pour la classe C3, qui contrairement aux classes C1 et C4 a obtenu des rendements grain maïs plus élevés, pour les traitements T1 (2082,79±433 kg/ha) et T3 (1992,68±753 kg/ha) par rapport aux traitements T0 (1963,21±1018 kg/ha) et T2 (1734,41±545 kg/ha) (tableau II). Les faibles densités de maïs appliquées par les producteurs de la classe C3, n'ont pas empêché d'obtenir de bons rendements en grain maïs et tige comparativement à la classe C4, pour laquelle les rendements sont faibles d'un traitement à l'autre, malgré les fortes densités de maïs.

Pour les rendements (graines niébé et fane), les résultats de l'ANOVA montrent que les classes C1 et C2 ont obtenu des rendements graines de niébé statistiquement similaires pour les 3 traitements T1 (118,82±105 kg/ha et 123,47±45 kg/ha), T2 (56,76±50 kg/ha et 88,45±23 kg/ha) et T3 (2,19±6,4 kg/ha et 5,44±11 kg/ha) (au seuil de 5 %) mais plus élevés que ceux des classes C3 et C4 (tableau II). On note que la classe C2 a obtenu des rendements en fane statistiquement plus élevés (157,26±78 kg/ha pour T1, 120,81±42 kg/ha pour T2 et 34,26±26 kg/ha pour T3) (au seuil de 5 %) que ceux des classes C1, C3 et C4 (soit respectivement 123 kg/ha, 63 kg/ha et 34 kg/ha pour T1 ; 43 kg/ha, 39 kg/ha et 44 kg/ha pour T2 ; 33 kg/ha, 27 kg/ha et 41 kg/ha pour T3).

Tableau I. Matrice de corrélation entre les facteurs et les paramètres agronomiques et économiques

Variables	Rdt														
	Pr Cul	En 15-20	En 50-60	Dté m	Dté n	Tm T	Ec Sem-Sa	Rdt m	Rdt t	fourrag	Rdt n	Rdt f	CT	PT	MB
Pr Cul	1														
En 15-20	0,010	1													
En 50-60	-0,181	0,202	1												
Dté m	0,209	0,354	-0,116	1											
Dté n	0,194	-0,026	-0,083	0,420	1										
Tm T	-0,327	0,192	0,418	-0,049	0,078	1									
Ec Sem-Sa	-0,326	-0,029	0,192	-0,242	-0,095	0,365	1								
Rdt m	0,357	-0,023	-0,257	0,320	0,070	-0,040	-0,348	1							
Rdt t	0,293	-0,036	-0,214	0,391	0,252	-0,086	-0,280	0,793	1						
Rdt fourrag	0,287	-0,026	-0,206	0,387	0,263	-0,076	-0,276	0,792	0,999	1					
Rdt n	0,233	0,063	-0,354	0,251	0,168	-0,041	-0,246	0,568	0,294	0,306	1				
Rdt f	-0,035	0,219	0,090	0,037	0,349	0,186	-0,018	0,244	0,340	0,379	0,379	1			
CT	-0,332	0,189	0,324	-0,175	0,038	0,726	0,220	0,101	0,020	0,040	0,189	0,460	1		
PT	0,357	-0,014	-0,271	0,328	0,090	-0,041	-0,350	0,998	0,792	0,792	0,619	0,279	0,115	1	
MB	0,421	-0,050	-0,333	0,363	0,083	-0,179	-0,393	0,982	0,791	0,787	0,585	0,193	-0,075	0,982	1

Pr Cul= Précédent cultural ; En 15-20= Enherbement 15-20 JAS maïs ; En 50-60= Enherbement 50-60 JAS maïs ; Dté m= Densité maïs ; Dté n= Densité niébé ; Tm T= Temps total travaux ; Ec Sem-Sa= Ecart semis maïs-sarclage ; Rdt m= Rendement maïs ; Rdt t= Rendement tige ; Rdt fourrag= Rendement fourrage ; Rdt n= Rendement niébé ; Rdt f= Rendement fane ; CT= Charge totale ; PT= Production totale ; MB= Marge brute. Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$.

Tableau II. Variation des rendements maïs et niébé des traitements en fonction des classes

Classe		C1 (n = 24)						
Traitement	T0	T1	T2	T3	F	Pr>F	S	
Dté n (pieds/ha)	-	32370 ^a ± 12072	15217 ^c ± 7737	24534 ^b ± 15727	11,233	<0,0001	Oui	
Rdt g-m (kg/ha)	2059,18 ^a ± 1374	1803,86 ^a ± 1300	2000,16 ^a ± 1274	2043,32 ^a ± 1198	0,193	0,901	Non	
Rdt t-m (kg/ha)	2278,42 ^a ± 932	2131,31 ^a ± 1046	2345,91 ^a ± 948	2380,78 ^a ± 1017	0,288	0,834	Non	
Rdt g-n (kg/ha)	-	118,82 ^a ± 105	56,76 ^b ± 50	2,19 ^c ± 6,4	17,406	<0,0001	Oui	
Rdt f-n (kg/ha)	-	123,4 ^a ± 138	43,15 ^b ± 25	32,79 ^b ± 48	7,748	0,001	Oui	
Rdt fr (kg/ha)	2278,42 ^a ± 932	2254,71 ^a ± 1031	2389,06 ^a ± 955	2413,57 ^a ± 1041	0,146	0,932	Non	
Classe		C2 (n = 5)						
Traitement	T0	T1	T2	T3	F	Pr>F	S	
Dté n (pieds/ha)	-	33496 ^a ± 10188	24108 ^a ± 9969	24553 ^a ± 6031	1,405	0,283	Non	
Rdt g-m (kg/ha)	2070,92 ^a ± 1018	1074,72 ^a ± 433	2284,87 ^a ± 543	1503,62 ^a ± 753	0,952	0,439	Non	
Rdt t-m (kg/ha)	2704,85 ^a ± 865	2545,1 ^a ± 814	2538,55 ^a ± 420	1954,95 ^a ± 463	0,965	0,433	Non	
Rdt g-n (kg/ha)	-	123,47 ^a ± 45	88,45 ^a ± 23	5,44 ^b ± 11	16,322	0	Oui	
Rdt f-n (kg/ha)	-	157,26 ^a ± 78	120,81 ^a ± 42	34,26 ^b ± 26	5,618	0,019	Oui	
Rdt fr (kg/ha)	2704,85 ^a ± 865	2702,36 ^a ± 833	2659,36 ^a ± 456	1989,15 ^a ± 47	1,048	0,398	Non	
Classe		C3 (n = 5)						
Traitement	T0	T1	T2	T3	F	Pr>F	S	
Dté n (pieds/ha)	-	19775 ^a ± 8749	10886 ^a ± 4486	25383 ^a ± 13898	2,212	0,152	Non	
Rdt g-m (kg/ha)	1963,21 ^a ± 1018	2082,79 ^a ± 433	1734,41 ^a ± 545	1992,68 ^a ± 753	0,258	0,855	Non	
Rdt t-m (kg/ha)	2199,27 ^a ± 865	2141,42 ^a ± 814	1718,98 ^a ± 420	2120,63 ^a ± 463	0,579	0,637	Non	
Rdt g-n (kg/ha)	-	91,22 ^a ± 68	49,73 ^{ab} ± 31	1,84 ^b ± 3,7	4,273	0,04	Oui	
Rdt f-n (kg/ha)	-	66,14 ^a ± 41	39,24 ^a ± 20,5	26,73 ^a ± 31	1,585	0,245	Non	
Rdt fr (kg/ha)	2199,27 ^a ± 865	2207,56 ^a ± 833	1758,22 ^a ± 455,5	2147,37 ^a ± 475	0,558	0,65	Non	
Classe		C4 (n = 2)						
Traitement	T0	T1	T2	T3	F	Pr>F	S	
Dté n (pieds/ha)	-	29717 ^a ± 18333	21800 ^a ± 2917	30692 ^a ± 5417	0,191	0,836	Non	
Rdt g-m (kg/ha)	1073,99 ^a ± 211	1756,42 ^a ± 746	1765,02 ^a ± 170	2635,27 ^a ± 18	2,596	0,19	Non	
Rdt t-m (kg/ha)	1281,07 ^a ± 92	3057 ^a ± 1301	2424,83 ^a ± 441	2706,87 ^a ± 154,5	1,232	0,408	Non	
Rdt g-n (kg/ha)	-	28,93 ^a ± 13	12,42 ^a ± 3	0,25 ^a ± 0,25	3,315	0,174	Non	
Rdt f-n (kg/ha)	-	34,33 ^a ± 3	44,42 ^a ± 37	40,87 ^a ± 20,4	0,043	0,958	Non	
Rdt fr (kg/ha)	1281,07 ^a ± 92	3091,33 ^a ± 1304	2469,25 ^a ± 479	2747,74 ^a ± 175	1,256	0,401	Non	

Les valeurs suivies d'une même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

Dté m = Densité maïs ; Dté n = Densité niébé ; Tm T = Temps total travaux ; Ec Sem-Sa = Ecart semis maïs-sarclage ;

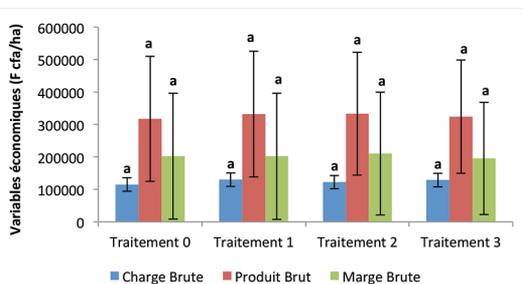
Rdt g-m = Rendement en grain de maïs ; Rdt t-m = Rendement en tige de maïs ; Rdt fourrag = Rendement fourrage (tige + fane) ;

Rdt g-n = Rendement en grain de niébé ; Rdt f-n = Rendement en fane de niébé ; CB = Charge Brute ; PB = Produit Brut ;

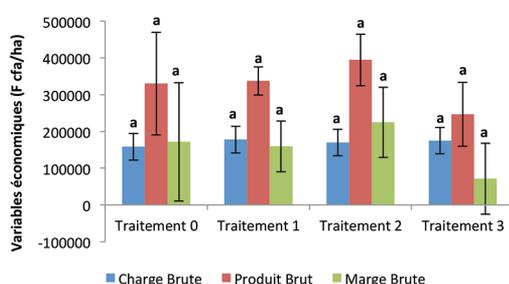
MB = Marge brute.

Effets des facteurs de variabilité sur les performances économiques des systèmes de culture

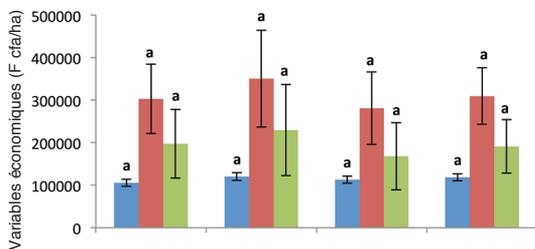
Les produits bruts, les charges brutes et les marges brutes obtenus ne sont pas significativement différents (au seuil de 5 %) entre les traitements pour chacune des classes. Les résultats économiques révèlent que pour les 4 systèmes de culture, les charges brutes sont statistiquement identiques pour les classes C1, C2, C3 et C4 ($\pm 100\ 000$ Fcfa/ha pour tous les traitements) exceptés les traitements T3 de C2 et T0 de C4, pour lesquels on obtient moins de 50 000 Fcfa/ha (figure 1a, 1b, 1c et 1d). Pour la classe C2, la charge totale est de $\pm 150\ 000$ Fcfa/ha pour les 4 traitements et la marge brute est significativement inférieure à celles de C1 et C3. Egalement on observe que le traitement T2 de C2, a la marge brute la plus élevée des 4 traitements comparativement aux traitements des autres classes. Les résultats des productions brutes ont évolué dans le même sens que les rendements en maïs grain pour les 4 traitements et dans toutes les classes. Pour la marge brute, même si la différence n'est pas significative, on remarque la tendance suivante entre les différents systèmes de culture : pour la classe C1 : $T2 > T0 > T3 > T1$, pour C2 : $T2 > T0 > T1 > T3$, pour C3 : $T1 > T0 > T3 > T2$ et pour C4 : $T3 > T2 > T1 > T0$ (figure 1a, 1b, 1c et 1d).



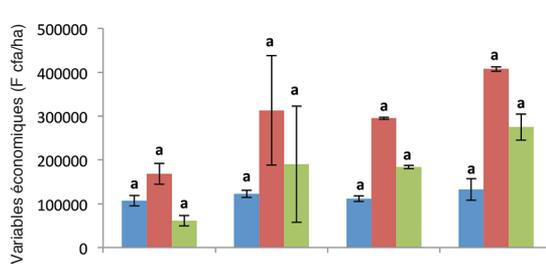
1a-Variation des paramètres économiques des traitements de la classe C1



1b- Variatin des paramètres économiques des traitements de la classe C2



1c-Variation des paramètres économiques des traitements de la classe C3



1d-Variation des paramètres économiques des traitements de la classe C4

Figure 1. Variation des paramètres économiques des 4 traitements en fonction des classes.

Discussion

Le rendement grain maïs corrélé au précédent cultural, est justifié par le fait que le maïs y est très sensible. En effet, le maïs est très exigeant en fertilisant, il est très difficile d'obtenir de bon rendement sur des sols pauvres en éléments fertilisants (NPK, Urée, ...). La rotation semble être un élément important à la culture du maïs, surtout celle à base de coton et maïs car on y apporte de l'engrais dont une partie reste au sol et le maïs cultivé à nouveau en bénéficie largement. En outre, les travaux de Gomgnimbou *et al.* (2010) rapportés par (Coulibaly, 2012), révèlent que l'ordre de rotation observé par les agriculteurs, vise à permettre aux cultures de bénéficier des arrières effets des fertilisants chimiques (l'Urée et le NPK).

Le rendement en graines de niébé est corrélé négativement à l'enherbement car les mauvaises herbes sont l'un des ennemis principaux du niébé. Le niébé n'a pas les moyens de lutter contre ces adventices, c'est pour cela que l'association avec les céréales représente un réel avantage, celui de maîtriser les mauvaises herbes. La période 50-60 jours après semis du maïs représente la phase de formation des gousses pour la variété V1 et la phase floraison pour la variété V2. Et pendant cette période, les producteurs ont tendance à ne pas désherber leurs parcelles soit par manque de volonté ou par manque de temps. Ce qui fait que les adventices ont largement la possibilité de concurrencer le niébé. Les travaux de Lawane *et al.* (2009) montrent que le Striga fait son apparition dans les différents systèmes de cultures (cultures pures et associées) dès la sixième semaine après semis sur les variétés locales et améliorées du sorgho et du mil. Il est donc très important de pratiquer un désherbage pendant cette période « critique » pour le niébé.

Les corrélations positives entre le rendement tige et la densité de maïs d'une part et entre le rendement fane et la densité de niébé d'autre part, signifient que plus la densité est élevée plus important est le rendement en fourrage de la culture. Cependant, les fortes densités ne sont pas nécessairement favorables à l'obtention de bons rendements en grain. Ainsi, une culture peut ne pas produire de grains mais donner une importante quantité de fourrage, très utile pour l'élevage.

En fonction des conditions de conduite de l'itinéraire technique, les performances techniques et économiques des systèmes de cultures (T0, T1, T2 et T3) des différentes classes de producteurs (C1, C2, C2 et C3) sont différentes d'un traitement à l'autre mais également d'une classe à l'autre. Ainsi la classe C2 se compose de producteurs ayant suivi aussi bien que possible l'itinéraire technique (de la date de semis du maïs au dernier sarclage). Les producteurs de la C4, malgré des semis précoces comme ceux de C2, n'obtiennent pas les mêmes performances, à cause du non-respect de certains éléments de l'itinéraire technique (densités trop élevées, pas de sarclage). Les classes C1 et C3 regroupent chacune des producteurs ayant semé le maïs à des dates plus ou moins précoces, ce qui signifie que la différence d'avec C2 et C4 se situent ailleurs. En effet, les producteurs de la C1 ont plus ou moins réalisé un seul sarclage, soit en appliquant un herbicide sélectif soit en effectuant un désherbage mécanique ou bien un désherbage manuel. Et ceux de C3, ont également réalisé un seul sarclage mais leur sol est plus riche en éléments fertilisants que celui des producteurs des autres classes, grâce à l'effet du précédent cultural.

Excepté la classe C3, toutes les classes ont des rendements de T1, T2 et T3 (associations maïs/niébé) supérieurs au rendement de T0 (maïs pur). Cela confirme les résultats de plusieurs auteurs et fait des classes (C1, C2 et C4), les classes typiques représentantes de notre innovation. Cependant, c'est la classe C2 qui représente plus l'innovation avec un rendement grain de T2

supérieur à celui de T1, démontrant qu'avec une faible densité de niébé (densité T2 < densité T1), la compétition entre le maïs et le niébé est réduite et le rendement maïs augmenté. Cependant la classe C1, également est représentante de notre innovation, car pour cette classe le rendement maïs de T3 est supérieur à celui de T1 (même mode de semis à des dates différentes). Ainsi comme l'ont confirmé Lawane et al. (2009) en citant Ehouinsou (2004), les bons rendements de maïs obtenus dans de tels systèmes peuvent être expliqués aussi par le fait que les plants de maïs ont profité de l'azote fixé par les légumineuses de l'association. Selon Pousset (2004), le rendement en grains de la légumineuse est souvent d'autant plus important que la densité totale du mélange (maïs + niébé) est faible. Cependant, pour toutes nos classes, le rendement niébé de T1 est supérieur à celui de T2. Ce qui est similaires aux résultats de Taffouo *et al.* (2008) cités par Coulibaly *et al.* (2012), qui ont obtenu une augmentation des rendements de niébé avec des densités élevées. Toutefois, le travail mené par Coulibaly *et al.* (2012), a montré que les 2 types de cultures associées permettent de produire plus de fourrage, par rapport aux cultures pures. Nous obtenons le même résultat avec les classes C1 et C4, pour lesquelles les quantités de fourrages de T1, T2 et T3 sont supérieures à celui de T0. En effet selon Ehouinsou (2004), l'association des cultures vivrières avec des légumineuses fourragères permet de produire des fourrages et du vivrier tout en améliorant la fertilité des sols.

L'analyse des performances économiques montre que les associations maïs/niébé entraînent une augmentation significative du produit brut, par rapport à la culture pure du maïs (T0). Selon Coulibaly *et al.* (2012), ces résultats s'expliquent par le fait que les charges supplémentaires engendrées par les cultures associées ont été compensées par la production supplémentaire de légumineuse. Concernant les marges brutes des différents systèmes de cultures, pour chacune des classes, il n'y a pas de différence significative. Cependant pour la classe C2, les marges brutes sont inférieures aux charges brutes pour tous les traitements. Cela peut s'expliquer par le nombre élevé des temps de travaux de cette classe par rapport aux autres classes. Cependant si la pratique de nos différents systèmes de cultures est bien observée, le niébé peut constituer une source de revenu pour les exploitations agricoles du Tuy avec une marge brute pouvant atteindre 156 817,601 Fcfa pour T2 (classe C2) et 212 418,685 Fcfa pour T3 (classe C4). Egalement les résultats sur les marges brutes montrent que le traitement T2 (pour la classe C2) et le traitement T3 (pour la classe C4) sont rentables par rapport à la culture pure du maïs (T0) pour les exploitations agricoles.

Conclusion

L'étude a montré que l'association du niébé au maïs réduit le rendement en grain du maïs quelle que soit la modalité d'association. Par contre, d'une classe à l'autre, le maïs ne subit pas l'effet du niébé de la même façon. Pour les classes C1 et C2, les associations culturales maïs/niébé (T1) ont réduit les rendements correspondants des cultures associées comparativement aux cultures pures. En outre, les pertes en rendements du maïs ont été compensées par des productions du niébé. Les performances économiques des associations culturales ont été améliorées par rapport à la culture pure du maïs, pour toutes les classes. En termes d'avantages au niveau de l'exploitation de la parcelle, le traitement T2 s'est révélé être la meilleure. En effet, on note que le type d'association T2 procure de bonnes performances agronomiques et économiques par rapport à la culture pure du maïs et aux deux autres types associations (T1 et T3). C'est un traitement qui apporte de bons rendements (grain maïs et graines de niébé) ainsi que de bons rendements fourrages (tige + fane) entraînant une excellente marge brute. La charge brute du

traitement est peu élevée par rapport à celles de T1 et T3. En effet, les systèmes associant le maïs et une légumineuse sont plus performants dans la mesure où ils n'entraînent pas de travail supplémentaire mais permettent d'économiser de l'espace, par rapport aux cultures pures de maïs et de légumineuses et de diversifier les productions agricoles. Dans tous les cas (T1, T2 et T3), le niébé assure la fertilité du sol et induit une meilleure production de maïs, en comparaison au traitement T0. Avec le traitement T2 de la classe C2, on atteint la meilleure productivité (2 538 kg/ha de maïs).

L'adoption de l'association du maïs avec le niébé à faible densité (traitement T2) permettrait d'accroître la production des biomasses dans un contexte de surexploitation des terres et permettrait de réduire les conflits agro-pastoraux souvent exacerbés par le déficit fourrager. Il est donc très important d'encourager les paysans à adopter les associations culturales céréales/légumineuses alimentaires afin d'assurer la sécurité alimentaire de leur ménage. Pour améliorer de manière significative la production du maïs, il faut que les paysans cultivent cette spéculation en association avec les légumineuses à faibles densités. Comme perspective, cela aura un impact non seulement sur la production, mais aussi sur la marge bénéficiaire des producteurs.

Références bibliographiques

Bacyé B., 1993. Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes en zone soudano-sahélienne. Province du Yatenga (Burkina Faso). Thèse de doctorat en Sciences. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III, 243p.

Bado B.V., 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Ph.D. Université Laval, Québec (Canada), 184 p.

Baijukya F.P., Ridder N., Giller K.E., 2006. Nitrogen release from decomposing residues of leguminous cover crops and their effect on maize yield on depleted soils of Bukoba District (Tanzania). *Plant and Soil*, Vol. 279 : 77-93.

Bambara D., Zoundi J.S., Tiendrébogo J-P., 2008. Association céréale/légumineuse et intégration agriculture-élevage en zone soudano-sahélienne. *Cahiers Agricultures*, Vol. 17 (3) : 297-301.

Blanchard M., 2005. Relations agriculture élevage en zone cotonnière: territoire de Koumbia et Waly (Burkina Faso). Créteiln Mémoire DESS, Université Paris XII, Val de Marne, 63p. + annexes.

Carsky R.J., Douthwaite B., Manyong V.M., Sanginga N., Schulz S., Vanlauwe B., Diels J., Keatinge J.D.H., 2003. Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures*. Vol. 12, N° 4 : 227-33.

Coulibaly K., 2012. Analyse des facteurs de variabilité des performances agronomiques et économiques des cultures et de l'évolution de la fertilité des sols dans les systèmes culturaux intégrant les légumineuses en milieu soudanien du Burkina Faso : approche expérimentale chez et par les paysans. Thèse de doctorat : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), 165 p.

Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Sédogo P.M., 2012. Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : potentiels et contraintes. *Tropicultura*, 30 (3) : 147-154.

DREP-Ouest., 2001. Monographie province du Tuy. Bobo-Dioulasso. DREP-Ouest, Burkina Faso, 61 p.

Ehouinsou M., 2004. *Aeschynomene histrix* et *Stylosanthes scabra* seca, deux légumineuses fourragères pour améliorer la productivité du maïs et des ruminants dans les zones périurbaines au Bénin. INRAB Cotonou (Bénin), 9 p.

Gbakatchetche H., Sanogo S., Camara M., Bouet A., Keli J.Z., 2010. Effet du paillage par des résidus de pois d'angole (*Cajanus cajan* L.) sur le rendement du riz paddy (*Oryza sativa*) pluvial en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, Vol. 22 (2) : 131-137.

Gomgnimbou P.K.A., Savadogo P.W., Nianogo A.J., Millogo-Rasolodimby J., 2010. Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la cotonculture dans la province de la KOMPIENGA (Burkina Faso). *Sciences & Nature*, 7(2) : 165–175.

Juste E., Bedoussac L., Prieur L., 2009. Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées ? *Innovations Agronomiques* (2009) 4, 165-176.

Lawane G., Sougnabé S.P., Lenzemo V., Gnokreo F., Djimasbeye N., Ndoutamia G., 2009. Efficacité de l'association des céréales et du niébé pour la production de grains et la lutte contre *Striga hermonthica* (Del.). *Savanes africaines en développement : innover pour durer*, Garoua : Cameroun (2009), pp 1-10.

Mills A.J. et Fey M.V., 2003. Declining soil quality in South Africa: effects of land use on soil organic matter and surface crusting. *South Afr. J. Sci.*, 99: 429-436.

Ouédraogo S., 2004. Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso. *Tropicicultura*. Vol. 21 (4) : 204-210.

Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherches et de développement au sud du Sahara. Ministère de la coopération française et CIRAD/IRAT, Montpellier (France), 444 p.

Pousset J., 2004. Associations de céréales et de légumineuses : quelques éléments importants pour réussir. Document *Biodoc* n° 1 (février 2004), 12 p.

Taffouo V.D., Etamé J., Din N., Marc Le Prince Nguelemeni M. L. P., Eyambé Y.M., Tayou R.F. et Akoa A. 2008. Effets de la densité de semis sur la croissance, le rendement et les teneurs en composés organiques chez cinq variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Applied Biosciences*. Vol. 12 : 623-632.

Vall E., 2009. Diversité, pratiques agropastorales, relations d'échanges et de conflits, productivité et sécurité alimentaire dans les exploitations agropastorales de la province du Tuy (Burkina Faso). Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone sub-humide, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 53 p.

Zoundi J.S., Butare I. et Adomefa J.N.K., 2006. Intégration agriculture-élevage : Alternative pour une gestion durable des ressources naturelles et une amélioration de l'économie familiale en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ouagadougou, INERA, Nairobi : ILRI, Dakar : CORAF/WECARD, 374 p.