

Options pour une intensification durable de la production agricole et fourragère dans le système de production agropastoral des zones cotonnières du Burkina Faso

Bassiriki OUATTARA¹, Mamadou SANGARE² et Kalifa COULIBALY³

Résumé

Le secteur de l'élevage demeure confronté à des contraintes de diverses natures. Il devient nécessaire de concevoir un système de production productif et durable. C'est dans ce cadre qu'une étude a été menée en 2014 dans la commune de Koumbia (Koumbia et Gombêlédougou). L'objectif de cette étude était d'analyser les effets à grande échelle de l'association maïs-niébé pour une intensification et une optimisation de la production agricole dans les systèmes agropastoraux. Chaque paysan a mis en place trois traitements sur 1 ha : (T1 niébé pure 0,5 ha ; T2 maïs+niébé 0,25 ha, T3 maïs pure 0,25 ha). Les données récoltées et analysées ont porté sur les paramètres agro-économiques et bromatologiques en fonction des différents stades phénologiques (S1 :20-27 JAS niébé, S2 :30-35 JAS niébé, S4 :35-45 JAS niébé, S4 : récolte). Une estimation a été faite sur la production potentielle de lait et GMQ du fourrage obtenu à la récolte. Les résultats obtenus ont montré une différence non significative ($P>0,05$) entre les traitements T2 et T3 pour le rendement en grain de maïs. Sur le plan économique, la marge brute n'a pas connu une variation significative entre T2 et T3. La production du fourrage a été plus importante en cultures associées. L'analyse bromatologique a montré une variation significative des éléments minéraux entre les différents traitements, et entre stades de mesure. Le fourrage issu de l'association a présenté un bon potentiel en production de lait et en GMQ de poids vif par rapport aux fourrages de T1 et T3.

Mots-clés : Association culturale, production grain/fourrage, analyse bromatologique, Burkina Faso

Abstract

Livestock sector is still faced with constraints of various kinds. It becomes necessary to design a productive and sustainable production system. In this context, a study was conducted in 2014 in Koumbia district (Koumbia and Gombêlédougou). The objective of this study was to analyze the large-scale effects of corn-cowpea association for intensification and optimization of agricultural production in agropastoral systems. Each farmer has set up three treatments of 1 ha (0.5 ha T1 pure cowpea, maize T2 + cowpea 0.25 ha, 0.25 ha T3 pure corn). The collected and analyzed data focused on agro-economic parameters, and bromatological according to different phenological stages (S1: 20-27 JAS cowpea, S2: 30-35 JAS cowpea, S4: 35-45 JAS cowpea, S4: harvest). An estimate was made on the potential production (milk and ADG fodder) at harvest. The results showed no significant difference ($P>0,05$) between T2 and T3 treatments for yield in corn grain. In economic terms, the gross margin has not experienced a significant variation between T2 and T3. Forage production was higher in associated culture. Mineral elements content analysis showed a significant variation among treatments and between stages of measurement. Associated Cropping system showed good potential for milk production and ADG bodyweight compared to T1 and T3 fodder.

Keywords: Cultural Association, manufacture grain / feed, food analysis.

¹ Centre Universitaire Polytechnique de Dédougou, bassero.ero@yahoo.fr tel :70546211, Dédougou

² Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide, CIRDES 01 BP 454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso mamadousangare@hotmail.com ; Bobo Dioulasso

³ Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide, CIRDES 01 BP 454 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso kalifacoull@yahoo.fr ; Bobo Dioulasso

Introduction

L'agriculture et l'élevage occupent une place très importante dans les pays en développement d'une manière générale et dans les pays sahéliens de l'Afrique en particulier. Selon le MAHRH (2007), l'agriculture emploie 86 % de la population, génère environ 40 % du produit intérieur brut (PIB) et 80 % des exportations totales du pays. L'élevage représente environ 26 % des exportations nationales et contribue à plus de 12 % dans la formation du Produit Intérieur Brut (MRA, 2007). Cependant, le secteur de l'élevage demeure confronté à des contraintes de diverse nature parmi lesquelles la dégradation et la raréfaction des ressources naturelles, la réduction des ressources pastorales (parcours naturels, points d'eau) et l'augmentation du prix des facteurs de production. En effet, la culture continue couplée à la faible utilisation des engrais minéraux et/ou organiques pour des spéculations exigeantes telles que le coton et le maïs sont des risques importants de baisse de la fertilité des sols et par conséquent de baisse des rendements agricoles ainsi que la précarisation de la sécurité alimentaire et fourragère. La forte croissance démographique et l'augmentation de l'effectif du bétail au cours des dernières décennies ont entraîné une pression croissante sur les ressources naturelles. Aussi, les jachères naturelles et artificielles qui étaient jadis les moyens privilégiés de restauration de la fertilité des sols sont de moins à moins pratiquées (Coulibaly *et al.*, 2012a).

Dans la perspective d'améliorer la fertilité des sols et d'augmenter les rendements agricoles et la productivité des troupeaux, les exploitants agricoles font recours aux engrais minéraux et aux aliments concentrés. Cependant, l'augmentation du prix de ces intrants agricoles et zootechniques les rend économiquement inaccessibles aux producteurs et compromet leur adoption par les ménages à faible revenu qui constituent la majorité des producteurs (Dao, 2014).

Dans ce contexte, il devient nécessaire de concevoir un système agricole plus productif et plus durable, fondé sur le maintien des fonctionnalités des écosystèmes. Pour cela, l'intensification agricole à base de légumineuses et/ou d'association légumineuses et céréales pourrait s'avérer une alternative à la problématique de l'alimentation du bétail et l'amélioration de la fertilité du sol notamment en matière organique (MO) et en azote (N). C'est ce qui a motivé la mise en œuvre du projet CORAF-IAE afin d'améliorer la production agricole et fourragère en quantité et en qualité.

Des travaux conduits par Barro (2013) et Attiou (2013) sur les cultures associées et les points de vue des producteurs expérimentateurs lors des restitutions des résultats ont montré que l'association maïs- niébé avec insertion du niébé sur chaque deuxième ligne du maïs était la meilleure option pour avoir une bonne performance agronomique et économique. Sur cette base, le choix a été fait d'analyser les performances optimales de cette technologie diffusée à grande échelle (superficie $\geq 0,5$ ha chez un grand nombre de producteurs) et en conditions réelles de culture à l'Ouest du Burkina Faso.

L'objectif global de cette étude est d'analyser les effets à grande échelle de l'association maïs niébé en milieu réel pour une intensification et une optimisation durable de la production agricole et de la disponibilité de biomasse fourragère en qualité et en quantité en zone soudanienne au Burkina Faso.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Les essais ont été menés dans les exploitations de sept (6) producteurs volontaires à Koumbia et neuf (9) Gombèlèdougou. Les villages de Koumbia et Gombèlèdougou se caractérisent par un régime pluviométrique monomodal avec une saison pluvieuse de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. Le climat de type soudanien est caractérisé par une moyenne pluviométrique annuelle variant de 800 à 1100 mm. Les mois de juillet et août sont généralement les plus pluvieux. Il y a plusieurs types de sols à Koumbia à Gombèlèdougou. Un diagnostic a révélé trois types de texture (Blanchard et al., 2005) qui sont :

- les sols sablonneux, les plus répandus dans les plaines ;
- les sols gravillonnaires, très répandus sur les pentes mais peu fertiles ;
- les sols argileux (terre noire) plus riches, mais plus rares et plus difficiles à travailler pour les producteurs agricoles.

Les sols les plus fertiles se rencontrent dans les bas-fonds et les zones rupicoles.

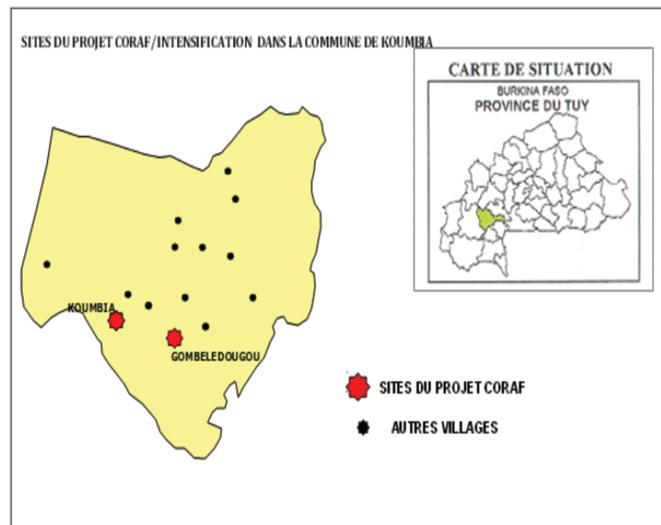


Figure 1. commune rurale de Koumbia

Matériel végétal et autres intrants

Le maïs utilisé est la variété SR21. Cette variété a des grains de couleur blanche de type corné-denté et a un cycle de 95 jours avec un rendement potentiel de 5,1 t/ha (Sanou, 2009). Elle s'adapte aux zones ayant une pluviométrie comprise entre 900 et 1200 mm d'eau/an.

La variété de niébé utilisée est la K VX745- 11P. Cette variété d'origine l'INERA BF a un cycle de 70 jours. Elle a des graines de couleur blanche et tolérante au striga. La K VX745-11P a une aire d'adaptation de 300 à 1200 mm d'eau/an et un rendement moyen en station de 1000 kg/ha de graine et 3000 kg/ha de fourrage.

Comme fertilisants minéraux, le complexe NPK (15-15-15) et l'Urée (46 % N) ont été utilisés. Dans l'analyse des pratiques ou des facteurs de performance, il sera tenu compte de l'utilisation de la fumure organique par certains producteurs. Il en sera de même pour d'autres qui ont utilisé d'autres types d'herbicides au lieu l'herbicide total Round up recommandé dans le cahier de charge.

Méthodes

➤ Choix des producteurs

Le choix des producteurs expérimentateurs a été fait par le comité de concertation villageois après présentation et validation de l'itinéraire technique et sur la base d'un cahier de charge.

➤ Itinéraire technique

Les essais ont été entièrement mis en œuvre par les producteurs. L'équipe technique a été chargée exclusivement de délimiter les parcelles de culture, de veiller au respect des itinéraires techniques et de collecter les données.

Des fiches ont été élaborées pour le suivi des itinéraires techniques qui inclut les temps des travaux, la quantité et les types d'intrants, la nature et les modalités d'exécution des opérations techniques, les mesures de rendement et le suivi de l'évolution des cultures.

➤ Dispositif expérimental de l'essai

L'essai a comporté les trois (3) traitements ci-dessous décrits et selon le dispositif expérimental de la figure. C'est un dispositif en bloc complet dispersé, chaque producteur étant considéré comme une répétition. La parcelle de chaque producteur (1 ha) a été divisée en trois parcelles secondaires entre les trois traitements.

Le traitement 1 (T1) correspondait au niébé en culture pure sur $\frac{1}{2}$ ha. Le traitement 2 (T2) correspondait au maïs (variété SR21) en association avec le niébé (KVX745-11p) sur

$\frac{1}{4}$ ha. Le niébé a été semé 15 jours après le semis (JAS) du maïs sur la même ligne en sautant chaque fois une ligne de maïs. Le traitement 3 (T3) correspondait au maïs SR21 semé en culture pure sur $\frac{1}{4}$ ha.

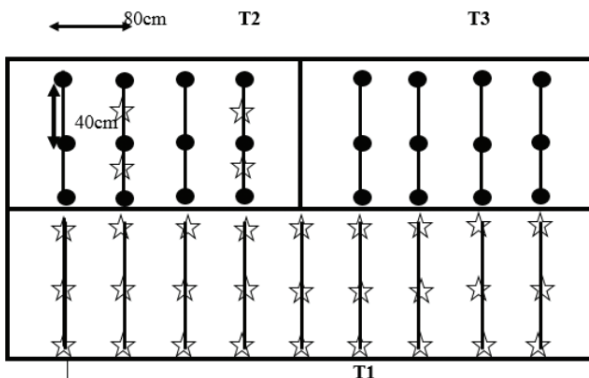


Figure 2. Dispositif expérimental

T1 : niébé culture pure $\frac{1}{2}$ ha ; T2 : niébé + maïs $\frac{1}{4}$ ha, T3 : maïs culture pure $\frac{1}{4}$ ha



Maïs + niébé



Niébé pure



Maïs en pure

Collectes de données

Les données collectées ont porté sur les caractéristiques socioéconomiques des producteurs. Ces informations ont permis de faire une évaluation multicritère portant sur les charges d'investissement matériel, les charges en main d'œuvre, la répartition des tâches (homme, femme, enfants) et les temps de travaux. Le nombre de personnes par heure (en hj), pour les opérations culturales a été calculé à partir de la formule :

$$\frac{1000 \times NP \times Tt}{h} \times T_p$$

Temps de travail = Nombre de personnes par heure par hectare ;
 NP = Nombre de personnes ;
 Tm = Temps mis en heure.

Au regard des pratiques dans la zone, une journée de travail correspond à 7 h. Les temps de travaux de la récolte n'ont pas pu être recueillis à la période indiquée à cause de l'indisponibilité des producteurs.

- Les rendements en grains du maïs et graines du niébé ont été mesurés à partir des plantes récoltées sur les 3 placettes de 12 m² chacune identifiées de façon aléatoire sur chaque traitement. Sur chaque placette, le poids des épis de maïs et des gousses de niébé, ainsi que le poids des tiges de maïs et des fanes de niébé ont été déterminés. Un échantillon composite de 15 épis a été constitué sur chaque traitement à partir des 3 placettes (soit 5 épis par placette).
- Des échantillons ont été collectés (annexe 4) à quatre stades phénologiques. Mais seuls ceux des trois (3) derniers stades ont été pris en compte dans la détermination de l'évolution de la biomasse fourragère et de sa valeur nutritive dans les différents traitements. Pour cela, la biomasse contenue dans 1m² a été prélevée trois fois à chaque stade dans les traitements 1 et 2. Le premier prélèvement a été effectué sur la première diagonale (figure 5) avant l'apparition des boutons floraux du niébé (20 à 27 JAS du niébé). Le deuxième prélèvement a été effectué sur la deuxième diagonale 30 à 35 JAS du niébé à l'apparition des boutons floraux du niébé, et le troisième longitudinalement au centre de la parcelle 35 à 45 JAS du niébé au stade d'apparition des

gousses du niébé. L'évolution de la biomasse fourragère a été déterminée par la méthode des carrés de rendement aux trois stades phénologiques et des échantillons ont été conservés pour les analyses bromatologiques ultérieures. Les échantillons obtenus ont été identifiés avec les dénominations suivantes :

- npN 1, 2, 3, 4: fane de niébé du traitement T1 (culture pure niébé) récoltée aux stades 1, 2, 3 ou 4 ;
- aMN 1, 2, 3, 4 : fane de niébé + chaume de maïs du traitement T2 (culture associée maïs-niébé) récoltée aux stades 1, 2, 3 ou 4 ;
- mpM4 : chaume de maïs du traitement T3 (culture pure maïs) récolté au stade 4.

• Les échantillons d'épis et de tiges de maïs, les échantillons de fanes de niébé et l'ensemble des gousses de niébé de chaque placette ont été séchés pendant 15 jours sur l'aire de séchage au CIRDES. Toutes les données relatives aux poids frais et sec des rendements ont été enregistrées sur la fiche de collecte des données pour le calcul des rendements. Les rendements (grain et fourrage) ont été obtenus selon les calculs ci-dessous (Coulibaly, 2012) :

$$Rdt\ m\ (kg/ha) = P_{fE} \times \left(\frac{P_{esG}}{P_{esE}} \right) \times \left(\frac{10000}{12} m^2 \right) \times \left(\frac{P_{ees}}{P_{eef}} \right)$$

Rdt m = Rendement maïs ; PesG = Poids sec de l'échantillon grain ; P_{fE} = Poids frais des épis ; P_{eE} = Poids frais de l'échantillon d'épis ; P_{ees} = Poids sec de l'échantillon après mise à l'étuve ; P_{eef} = Poids frais de l'échantillon avant mise à l'étuve.

$$Rdt\ n\ (kg/ha) = P_{sG} \times \left(\frac{10000}{12} m^2 \right) \times \left(\frac{P_{ees}}{P_{eef}} \right)$$

Rdt n = Rendement niébé ; P_{sG} = Poids sec graines ; P_{ees} = Poids sec de l'échantillon après mise à l'étuve ; P_{eef} = Poids frais de l'échantillon avant mise à l'étuve.

Variables économiques

Le produit brut, le coût total des travaux, la charge brute et la marge brute sont les différents paramètres calculés (ci-dessous). Le produit brut est la valeur monétaire des différents produits obtenus à la récolte (grain et fourrage) du maïs et du niébé. Le prix maïs-grain a été estimé à 125 FCFA/kg et le niébé-grain à 250 FCFA/kg. Le chaume de maïs a été évalué à 25 FCFA/kg et la fane de niébé à 165 FCFA/kg. Ces prix représentent une moyenne obtenue par enquête auprès des producteurs (prix moyen d'octobre à décembre).

$$Pb = y \times Pu$$

Pb : produit brut ; y : production à hectare ; Pu : prix unitaire

$$Cb = \sum ci$$

Cb : charge brute ; ci : consommation intermédiaires

$$Mb = PB - CB$$

Mb : marge brute, Pb : produit brut, Cb : charge brute.

Analyse de laboratoire

Le fourrage a été séché dans un premier temps au soleil et broyé à 1mm. La matière sèche (MS) a été déterminée par séchage d'un échantillon de 2 g à l'étuve à 105 °C pendant 4 h. La matière organique (MO) a été calculée en faisant la différence entre la MS et les cendres déterminées par incinération de la MS à 550 °C. La teneur du fourrage en matières azotées totale (MAT = N Kjeldhal X 6,25) et en certains minéraux majeurs (P et K) a été faite à l'aide d'un auto-analyseur. L'énergie et les matières azotées digestibles (MAD) ont été calculées par les formules suivantes (INRA, 1978) :

$$\text{UF}/100 \text{ kg MO} = 121,80 + 0,011\text{MAT} \text{ (g/kg MO)} - 0,181\text{CB} + 0,126\text{MG} ; r^2 = 0,926$$

$$\text{MAD (g/kg MO)} = 0,917\text{MAT} \text{ (g/kg MO)} - 0,0055\text{CB} \text{ (g/kg MO)} - 17,6. r^2 = 0,998$$

Ces calculs ont permis de faire des estimations de production de lait et de gain moyen quotidien de poids vif. L'estimation a été faite avec l'hypothèse que le fourrage est entièrement offert à l'auge et sans perte. Cette ration de base doit couvrir les besoins d'entretien (plus déplacement moyen) d'une vache de 250 kg de PV (UBT) produisant 2l de lait standard (4 % MG) ou d'un mâle de 250 kg avec un gain moyen quotidien (GMQ) de poids vif de 300g. Les besoins énergétiques et azotés d'une vache (UBT) à l'entretien produisant deux litres de lait standard sont de 3,5 UF et 271 g de MAD. Pour pouvoir assurer ses besoins d'entretien et assurer un GMQ de PV de 300 g, il faut à l'UBT 3,7 UF et 204 MAD par jour.

Analyse statistique

Le logiciel XLSTAT (2014) a été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA) des données agronomiques et économiques et le test de Newman et Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de probabilité de 5 %. La démarche a consisté à effectuer l'ANOVA de toutes les données agronomiques et économiques des 15 producteurs.

Résultats et discussions

Les temps de travaux

La figure indique que les temps des travaux varient significativement d'un traitement à l'autre ($P < 0,05$). Mais les temps de travaux de l'association maïs +niébé (T2) ($48,49 \pm 15,15$ hj) et maïs pur (T3) ($48,02 \pm 16,3$ hj) sont similaires ($P > 0,05$). Les temps des travaux ne montrent pas une différence significative statistiquement ($P > 0,05$) entre l'association maïs-niébé et le maïs en culture pure. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Coulibaly *et al.* (2012b) en milieu réel, qui ont montré que sans tenir compte des temps de récolte, les associations maïs-légumineuses n'ont pas influencé significativement les temps de travaux comparativement à la culture pure. Pour eux, le temps de semis supplémentaire occasionné par les cultures associées a été compensé en partie par la suppression du buttage dans l'association.

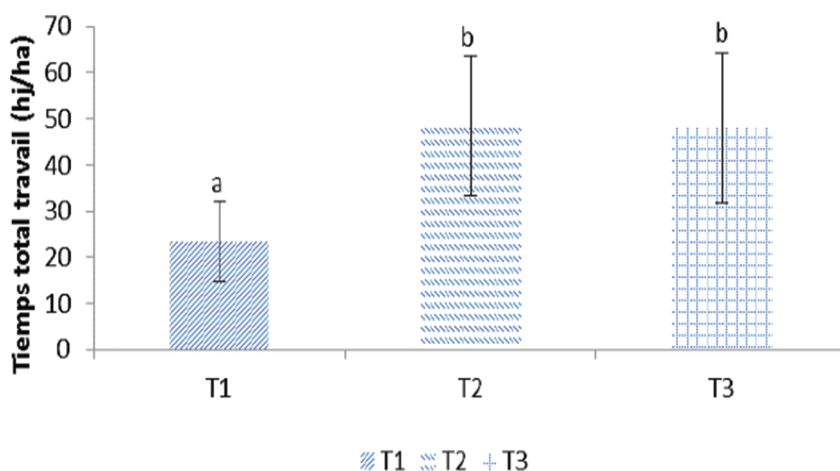


Figure 2. Temps de travaux en fonction des traitements

Les histogrammes affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Rendement en grains de maïs et en graines de niébé

Le tableau I montre que le rendement en grains de maïs ne sont pas significativement différents ($P > 0.05$). Néanmoins, les rendements en grains de la culture pure de maïs (T3) ($2906,72 \pm 922,19$ kg/ha) ont tendance à être supérieurs à ceux du maïs en association (T2) (grains : $2731,19 \pm 952,9$ kg/ha). Le niébé en culture pure T1 ($229,42 \pm 126,27$ kg/ha) a produit significativement plus de graines que le niébé en culture associée ($59,92 \pm 33,12$ kg/ha) au seuil de 5 %.

La baisse du rendement en maïs-grain en culture associée (T2) par rapport à la culture pure de maïs (T3) pourrait s'expliquer par l'effet dépressif du niébé sur le maïs. Ces résultats sont conformes à ceux de Garba *et al.* (1991) et Akedrin *et al.* (2010) qui rapportent qu'en culture associée, les légumineuses ont un effet négatif sur le rendement en grain du maïs, surtout si les densités ne sont pas bien contrôlées

Tableau I. Moyenne des rendements en grain de maïs en grain total dans les 3 traitements

Traitement	T1	T2	T3	Significatif
Rendement en grain de maïs (kg/ha)	-	$2731,19^a \pm 952,9$	$2906,72^a \pm 922,19$	non
Rendement grain niébé (kg/ha)	$229,42^a \pm 126,27$	$59,92^b \pm 33,12$	-	oui

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

Performances économique

La figure 3 indique qu'il n'y a pas de différence significative entre T2 et T3 pour l'ensemble des paramètres économiques. Toutefois, on note une marge brute supérieure de T2 par rapport à T3. Aussi, T1 et T2 dégagent des marges économiques (bénéfiques) brutes significativement supérieures à celles de T1. L'analyse des performances économiques montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les marges brutes des associations maïs/niébé et la culture pure du maïs. Selon Coulibaly *et al.* (2012a), ces résultats s'expliquent par le fait que les charges supplémentaires engendrées par les cultures associées ont été compensées par la production supplémentaire de la légumineuse. La culture en association a enregistré la marge brute la plus élevée par rapport au traitement T1. En effet, il a été démontré par Lawane *et al.* (2009) que la production de l'association maïs/légumineuses dépasse celles des deux spéculations en culture pure.

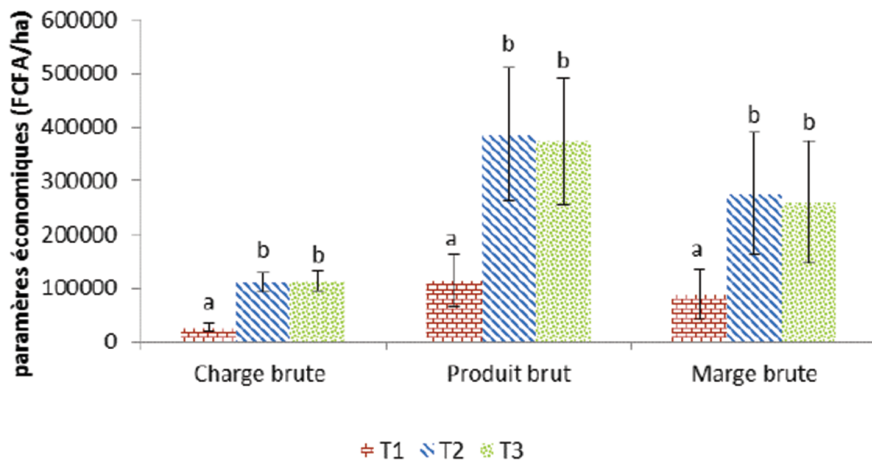


Figure 3. Variation des performances économiques par traitement

Les histogrammes affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

Production de biomasse fourragère

La figure 4 montre que la culture en association T2 (maïs / niébé : 1841,71 kg de MS/ha) a une quantité de fourrage plus élevée par rapport ces spéculations T1 (niébé : 1091,78 kg de MS/ha) et T3 (maïs : 1362,28 kg de MS/ha) en culture pure. La supériorité de la production fourragère en culture associée par rapport aux cultures pures de maïs et de niébé est corroborée par les résultats des travaux menés par Coulibaly *et al.* (2012c), selon lesquels deux cultures associées produisent plus de biomasse fourragère que chacune des cultures pures. Selon César et Gouro (2005), il y a généralement un effet dépressif de la légumineuse sur la graminée, mais la production globale de fourrage augmente. Les résultats de plusieurs auteurs dont Ehouinsou (2004), confirment que l'association des graminées (cultures) céréalières avec des légumineuses permet de produire plus de fourrage que la culture pure et sans réduire significativement la production de grain tout en améliorant la fertilité des sols. Ces résultats expliquent le fait que dans la présente étude, l'association du maïs avec le niébé a permis d'augmenter significativement la

production de biomasse fourragère pour l'alimentation du bétail, sans diminuer significativement le rendement en grain de maïs pour la consommation humaine, comme rapporté par Nchoutnji *et al.* (2010).

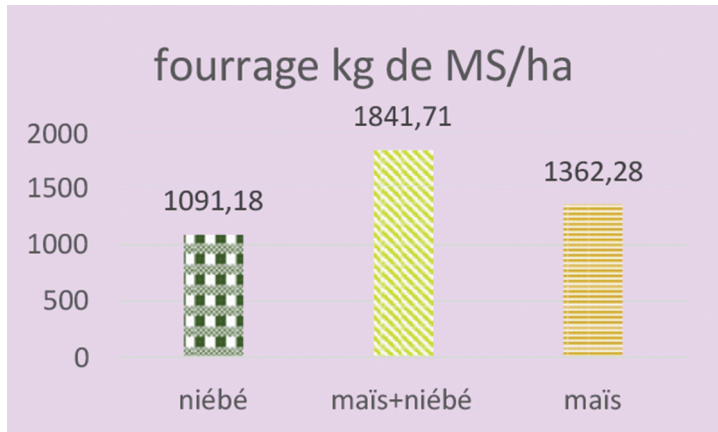


Figure 4. Variation de la biomasse fourragère par traitement

Rendement en biomasse fourragère totale à la récolte

La figure 5 montre que la biomasse fourragère est maximale au stade 3 dans 2 traitements où son évolution a été suivie pendant tout le cycle de végétation. La biomasse fourragère est plus importante dans la culture en association maïs + niébé comparativement à la culture pure de niébé.

L'évolution de la biomasse a atteint son pic au stade 3 (35 à 45 JAS) avant de chuter au stade 4 (à la récolte). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Ngom *et al.* (2013). Les quantités de matière sèche obtenues à la récolte de chaque spéculation en culture pure (chaume de maïs 938,7 g/kg de MB ; fane de niébé 861,4 g/kg de MB) sont similaires à celles obtenues cité par Sangaré (2005) (chaume de maïs 895 g/kg de MB ; fane de niébé 902 g/kg de MB).

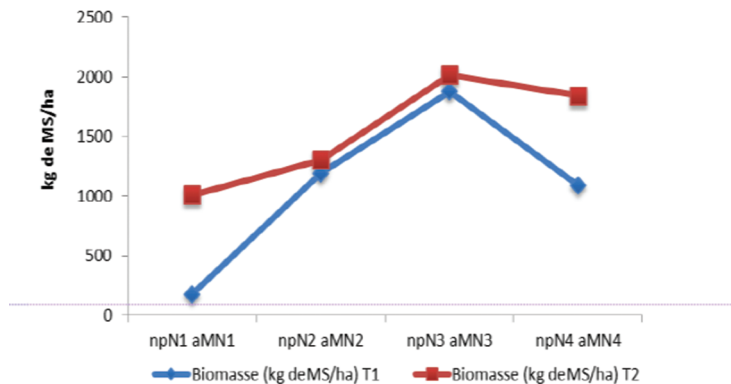


Figure 5. Variation de la quantité de biomasse par traitement et par stade

Composition bromatologique des fourrages produits

Le tableau II donne la composition bromatologique des fourrages produits en fonction du mode de culture et du stade phénologique. Le taux de matière sèche varie entre 33,13 et 93,87 % MB pour l'ensemble des traitements. Les teneurs en matières grasses de la culture pure de niébé (0,57 – 1,07 % MS) et de la culture associée (0,83-1,49 % MS) varient beaucoup d'une période de prélèvement à l'autre. La teneur des fanes de niébé en P ne varie pas significativement ($P>0,05$) entre les stades 2 et 3. Par contre, elle est significativement plus élevée au cours de ces 2 premiers stades par rapport à sa teneur à la récolte ou stade 4 (tableau III). Le tableau III indique que la teneur de la fane de niébé en K ne varie pas significativement entre les différents stades. Il en est de même pour le fourrage de la culture associée maïs-niébé. La teneur moyenne en P de la fane de niébé tout stade confondu dépasse celle de la culture associée maïs-niébé de 21,8 %. A la récolte, la culture pure de maïs (T3) offre un fourrage de faible teneur en P et en K par rapport aux fourrages des autres traitements (T1 et T3).

La figure 5 montre que les teneurs en matières azotées totales (MAT) de la fane de niébé en culture pure est stable entre les stades 2 et 3 (25,13 et 24,43 % de MS), tandis qu'elles baissent significativement à la récolte ($P<0,05$), mais restent au dessus de 15 % de MS. Bien que le taux de MAT du fourrage produit dans la culture associée maïs-niébé ne varie pas statistiquement, il y a une baisse en valeur absolue à la récolte par rapport aux stades plus jeunes. La culture pure de niébé donne à tous les stades un fourrage plus riche en MAT que le maïs en culture pure et le fourrage de la culture associée maïs-niébé. A la récolte, la teneur en MAT de tous les deux types de culture doublent au moins celle de la culture pure de maïs (chaume de maïs) (figure 6). La composition bromatologique des fourrages ont varié en fonction du stade végétatif et de la pratique culturale. Les taux de P et de K diminuent avec l'âge des cultures tout traitement confondu, mais moins vite que l'énergie et les protéines. Ces résultats confortent les observations de Yoka *et al.*, (2014). La teneur en P de la fane de niébé de la culture pure de niébé (T1) est en deçà de celle obtenue par Sangaré (2005). Par contre, la teneur en P du chaume de maïs de la culture pure de maïs à la récolte est supérieure à celle obtenue par le même auteur. En effet selon Ngom *et al.* (2013), les minéraux (calcium et le phosphore) participent significativement au processus de formation des gousses de *Pachyrhizus*, d'où l'évolution de la répartition de leur teneur dans les différents organes en fonction du stade phénologique.

Tableau II. Teneur en MG, en P et en K des fourrages en g/kg MS en fonction du type de culture et du stade phénologique

Traitement fourrage		MS (% MB)	MG (% MS)	P (g/kg de MS)	K (g/kg de MS)
T1	nPN2	33,13	0,73	3,43a	28,56a
	npN3	65,17	1,07	3,22a	23,97
	npN4	86,14	0,57	2,37b	22,68a
T2	aMN2	41,57	0,83	2,61a	27,35a
	aMN3	67,23	1,49	2,47a	23,06a
	aMN4	90,88	1,04	1,97b	19,93a
T3	mpM4	93,87	0,45	1,16	15,82

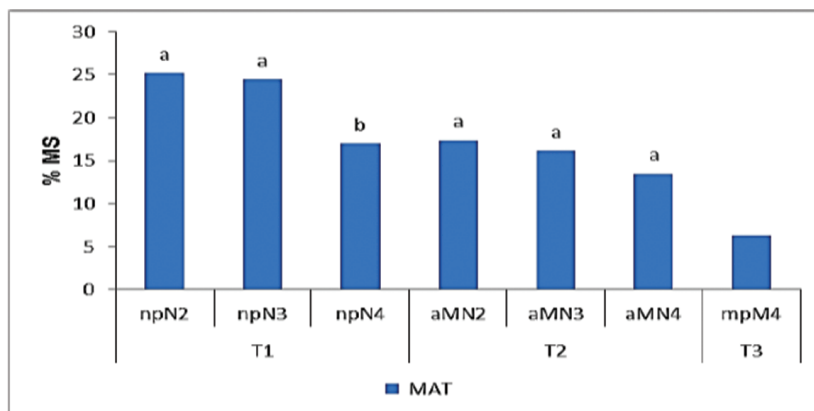


Figure 6. Evolution de la teneur en matières azotées totales en fonction du traitement

npN... = Fane niébé T1 au stade 2, 3, 4; aMN... maïs +niébé T2 au stade 2, 3, 4; mpM...= chaume maïs T3 au stade 4. Les histogrammes du même traitement affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%

Evolution de la valeur nutritive des fourrages produits par traitement en fonction du stade phénologique

Valeur énergétique

La valeur énergétique de la fane de niébé (en UF/kg MS) en culture pure reste presque constante entre les stades 2 et 3 (0,71 et 0,69 UF/kg MO), et baisse significativement ($P < 0,05$) à la récolte (0,37 UF /kg MO). Il en est de même des fourrages produits dans la culture associée maïs-niébé. Les stades 2 sont similaires ($P > 0,05$), tandis qu'à la récolte la valeur énergétique baisse significativement ($P < 0,05$). A la récolte, les valeurs énergétiques de la culture pure de niébé (0,37 UF/kg MO) et de la culture associée (0,45 UF/kg MO) sont élevées par rapport à celle de la culture pure de maïs (0,23 UF/kg MO) (figure 7).

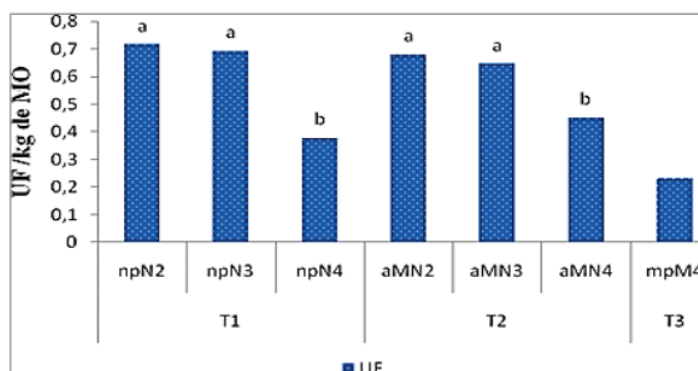


Figure 7. Valeur énergétique moyenne de la biomasse fourragère par traitement et par stade

npN... = Fane niébé T1 au stade 2, 3, 4; aMN...maïs +niébé T2 au stade 2, 3, 4; mpM...= chaume maïs T3 au stade 4. Les histogrammes du même traitement affectés de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Teneur en matière azotée digestible des fourrages

La teneur en matières azotées digestibles (MAD) de la fane de niébé en culture pure baisse (-2,5 %), mais pas de façon significative entre les stades 2 et 3 (tableau 3), alors que la baisse est significative à la récolte ($P < 0,05$) par rapport à ces deux stades. En culture associée maïs-niébé, la baisse de la teneur en MAD est plus importante entre les différents stades (2 vs 3 : -13 % ; 3 vs 4 : -18,8%) mais non significative statistiquement. La teneur en MAD du fourrage au stade 2 est la plus élevée dans tous les traitements (T1 et T2). A la récolte, la teneur en MAD de tous les deux types de culture doublent au moins celle de la culture pure de maïs (chaume de maïs) (tableau III).

Tableau III. Variation de la MAD par stade et par traitement

Traitement	Stade	MAD (g/kg MO)
T1	npN2	240,22a
	npN3	234,29a
	npN4	174,69b
T2	aMN2	155,21a
	aMN3	134,90a
	aMN4	109,58a
T3	mpM4	54,22

Les moyennes d'un même traitement affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (test de SNK).

En général, au démarrage (jeune), les teneurs du fourrage en MAT et en MAD augmentent jusqu'à un seuil à partir duquel ces taux diminuent au fur et à mesure que les cultures vieillissent et se lignifient. Ainsi, dans la présente étude, les taux maximums de MAT (Figure 4) et de MAD (tableau III) sont atteints au stade 2 correspondant à la période avant l'apparition des boutons floraux du niébé. A partir de ce stade, ces taux diminuent rapidement et atteignent leurs minimums à la récolte. La valeur énergétique de la biomasse fourragère suit cette même tendance aussi bien dans la culture associée que dans les cultures pures de maïs et de niébé (figure 7).

Les teneurs en MAT de la fane niébé (culture pure de niébé) et du chaume de maïs (culture pure) à la récolte avoisinent respectivement celles rapportées par Savadogo (2000) obtenues à la récolte (fane de niébé 13,9-21,7 % MS ; paille de maïs 4,6 et 6,5 % MS) et par Lebas *et al.* (2007) (fane de niébé 17-18% MS à la récolte et 20-30 % MS avant la récolte ; pailles de maïs à la récolte 8-10 % MS). Ces résultats montrent que le taux de MAD relativement élevé du fourrage de la culture associée (maïs-niébé) par rapport à la culture pure de maïs est en grande partie due au niébé (Bogerb et Toutain, 1999).

Potentialité des différents modes cultureux dans l'intégration agriculture-élevage

Le tableau IV montre une forte variabilité des potentialités en éléments nutritifs qu'offrent les différentes pratiques culturales (fourrage à la récolte) pour l'alimentation animale, en supposant que le fourrage est apporté entièrement à l'auge presque sans perte. Les résidus de récolte en culture associée maïs- niébé ont une potentialité significativement plus élevée (biomasse et valeur

nutritive) en alimentation animale que ceux des cultures pures maïs et niébé prises isolément. Ces résultats viennent appuyer ceux de Nchoutnji *et al.*, (2010) qui attestent que l'association des cultures (céréales et légumineuses) permet d'augmenter les quantités de biomasses totales produites nécessaires à l'alimentation du bétail.

Tableau IV. Disponibilité théorique en nutriments (UF et MAD) d'un hectare de fourrage issu des pratiques culturales mises en œuvre

Traitement (pratique culturale)	Energie (UF/ha)	MAD (kg/ha)
Niébé pure	331,48	152,87
Maïs +niébé	703,03	170,74
Maïs pure	240,70	56,14

Utilisation des fourrages pour la production de lait et la croissance pondérale

- **Utilisation des fourrages pour la production de lait**

Tableau V. Potentialité (en jours) de la production fourragère d'un ha des différents modes de culture à couvrir l'entretien d'une vache de 250 kg produisant 2 l de lait standard

Traitement	Nombre de jours d'entretien permis par l'énergie apportée par le fourrage produit dans un ha	Nombre de jours d'entretien permis par les MAD apportées par le fourrage produit dans un ha
Niébé pure	94	564
Maïs + niébé	200	630
Maïs pure	68	207

L'hectare de culture associée maïs-niébé permet d'entretenir une vache de 250 kg PV produisant 2 litres de lait à 4 % de MG pendant 200 jours, soit 400 litres de lait. En culture pure de niébé, l'hectare permet 184 litres et celui de maïs seulement 136 litres.

- **Utilisation des fourrages pour la croissance pondérale**

Tableau VI. Potentialité (en jours) de la production fourragère d'un ha des différents modes de culture à couvrir l'entretien de l'UBT une croissance de 300 g de GMQ

Traitement	Nombre de jours d'entretien permis par l'énergie apportée par le fourrage produit dans un ha	Nombre de jours d'entretien permis par les MAD apportées par le fourrage produit dans un ha
Niébé pure	89	749
Maïs + niébé	190	836
Maïs pure	65	275

L'hectare de la culture en association maïs-niébé permet de couvrir le besoin d'entretien et 300 g de GMQ d'un bovin de 250 kg de PV pendant 190 jours, soit 57 kg de croissance pondérale. En culture pure de niébé, la production fourragère de l'hectare peut couvrir l'entretien de l'UBT et une croissance pondérale de 26,7 kg et celui de maïs 19,5 de poids pondéral.

La valeur énergétique de ces fourrages est le facteur limitant lorsqu'ils sont offerts comme seul aliment de la ration aussi bien en production de lait qu'en gain de poids vif. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Dirven (1965), Hardison (1966) et Hamilton *et al.* (1970). Ce déficit en énergie entraînant une mauvaise utilisation de la ration peut être corrigé par une complémentation en concentré énergétique.

Conclusion et recommandation

Cette étude a permis de mettre en évidence les performances agro-économiques de l'association du maïs et du niébé d'une part, et les potentialités en alimentation animale de la biomasse fourragère produite d'autres parts. Sur le plan du rendement agronomique, la culture pure de maïs a produit plus de grain de maïs que l'association maïs-niébé mais de façon non significative. Sur le plan économique, le maïs en association engendre la marge brute la plus élevée comparative-ment à la culture pure. Aussi, l'association culturale a produit significativement plus de biomasse fourragère et de valeur nutritive significativement meilleure.

L'estimation sur la production permise a montré que l'association maïs-niébé présente de très bonnes valeurs alimentaires tant pour la croissance que pour la production laitière.

A la lumière de ces résultats, on peut dire que l'itinéraire technique adopté est un moyen d'optimiser la productivité en biomasse aérienne et la valeur nutritive des fourrages tout en maintenant le maïs comme la spéculation clé dans l'unité de production. La consolidation de ces résultats pourrait atténuer la réticence des producteurs à la production de fourrage dans la mesure où celle-ci pourrait contribuer à compenser le manque à gagner en grain de maïs en devenant une source de diversification de revenu et d'accès au marché dans les exploitations mixtes agriculture-élevage. L'association maïs-niébé pourrait être une option viable d'intégration de l'agriculture et l'élevage à travers une intensification durable de la production agricole et fourragère et un vecteur d'introduction de la culture fourragère dans les exploitations.

Nous recommandons :

- la vulgarisation de ces résultats au niveau des différents systèmes de production ;
- l'évaluation de l'effet des opérations de récolte et de post-récolte (conditions de conservation) sur la valeur nutritive de ces fourrages ;
- l'évaluation complète de cette option dans un circuit fermé : Production de fourrage en culture associée maïs-niébé > Valorisation de ce fourrage en production animale > Vente des produits animaux (sur pied ou transformés) et Vente ou Utilisation du fumier produit dans le champ > Effet du fumier sur le sol ou Compensation en achat d'intrant.

Références bibliographiques

- Akédrin T.N., N'guessan K., Aké-Assi E. et Ake S., 2010.** Effet de légumineuses herbacées ou subligneuses sur la productivité du maïs. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 8 (2): 953- 963.
- Atiou C. O., 2013.** Effets de la fumure organique et de la demi-dose d'engrais sur les performances agronomiques et économiques de l'association maïs (*Zea mays*)-mucuna (*Mucuna deeringiana*) en situation réelle de culture dans la zone ouest du Burkina Faso : cas des villages de Koumbia et de Gombêlédougou. 58p.
- Barro A., 2013.** Effets de la densité et du décalage de la date de semis du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) sur les performances agronomiques et économiques de l'association maïs (*Zea mays* L.) / niébé en situation réelle de culture dans les villages de Koumbia et de Gombêlédougou (Burkina Faso). 73p. MAHRH, (2007). Document guide de la révolution verte, Septembre, 98p.
- Blanchard M., 2005.** Relations agriculture élevage en zone cotonnière: territoire de Koumbia et Waly (Burkina Faso). Crétei In Mémoire DESS, Université Paris XII, Val de Marne, 63p + annexes. Bogerb G. et Toutain B., (1999). Cultures fourragères tropicales.- Paris, CIRAD. 369p.
- Cesar J. et Gouro A. 2004.** Les légumineuses fourragères herbacées. Production animale en Afrique de l'Ouest. Fiche technique N0 7, CIRDES, Bobo- Dioulasso, 8p.
- 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., Bacyé B., Somda I., Nacro H.B., Sédogo M.P. 2012a.** Co-conception d'itinéraires techniques de culture pure du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) et du mucuna (*Mucuna deeringiana* [Bort], Merrill) dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso : intérêts et limites. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* – JAEID, 106 (2): 139-155.
- Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Nacro H.B., Sédogo M.P., 2012b.** Effets de la culture permanente coton-maïs sur l'évolution d'indicateurs de fertilité des sols de l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (3): 1069-1080.
- Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Sédogo P.M., 2012c.** Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes. *Tropicicultura*, 30 (3): 147-154.
- Dirven, J.G.P., 1965.** The protein content in Surinam roughages, land bouwproef station in Surinam Bull. 8p.
- Ehouinsou M., 2004.** *Aeschynomene histrix* et *Stylosanthes scabra*seca, deux légumineuses pour améliorer les jachères, compléter les rations des ruminants et produire des déjections-litières pour la fertilisation des sols. Atelier de formation sur l'introduction des cultures fourragères dans les systèmes de production d'Afrique de l'ouest, Cotonou (Bénin), décembre 2003 : 9 p
- Garba M., Renard C., 1991.** Biomass production, yields and water use efficiency in some pearl millet/legume cropping systems at Sadore, Niger. In : Soil water balance, in sudano-sahelian zone. Publié sous la direction de Sivakumar M.V.K., Wallace J.S., Renard C. et Giroux C. IASH Publication 199. Press, Institute of Hydrology, Wallingford (U.-K.).
- Hamilton R. I., Donaldson L. E., et Lambourne L.J., 1970.** Use of *leucaena leucocephala* as feed for diarycows : direct effecton reproduction and residual effecton the calf and lactation. *Aust.J.agric.Res.*
- Hardison W.A., 1966.** Tech.Bulletin Dairy training Res.Inst., University of Philippines. 3p.
- 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). 8 p.

Nchoutnji I., Dongmo A.L., Mbiandoun M., Dugué P., 2010. Accroître la production de la biomasse dans les terroirs d'agro-éleveurs : cas des systèmes de culture à base de céréales au Nord Cameroun. *Tropicultura*, Vol. 28 (3) : 133-138.

Ngom S., Thiam B. A., Traore H., Ndiaye D. M., 2013. Introduction de *Pachyrhizus erosus* dans la zone des Niayes au Sénégal : Etude de sa composition chimique et de sa valeur fourragère.
Url :<http://www.lrrd.org/lrrd25/5/ngom25084.htm>).

Savado M. 2000. Crop residues management in relation to sustainable landuse. A case study in Burkina Faso. *Tropical Resources Management Papers* 31. Wageningen University, 159 p.

Yoka J., Loumeto J. J., Djego G. J., Akouango P., Epron D. 2014. Évolution des teneurs en éléments minéraux des feuilles de niébé cultivé dans la zone Boundji, République du Congo. *Journal of Applied Biosciences* 79: 6799 – 6807.