

BURKINA FASO
Unité-Progress-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DE DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME DE MASTER EN PRODUCTION VEGETALE

THEME

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)

Présenté par Awa BARRO

Directeurs de mémoire : Dr. Mamadou TRAORE
Dr. Fernand SANKARA

Maîtres de stage : Dr. Mamadou SANGARE
Dr. Kalifa COULIBALY

N° : ...-2014/MaPV

Mai 2014

Table des matières

Dédicace	iii
Remerciements.....	iv
Sigles et abréviations	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Résumé	ix
Abstract	x
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I: Revue bibliographique.....	4
I. CONNAISSANCES GENERALES SUR LE MAÏS ET LE NIEBE.....	4
1.1. Connaissances générales sur le maïs.....	4
1.1.1. Culture du maïs.....	4
1.1.2. Facteurs influençant le rendement du maïs.....	5
1.1.3. Exigences de la culture du maïs.....	7
1.1.4. Contraintes à la culture du maïs.....	8
1.2. Connaissances générales sur le niébé.....	10
1.2.1. Culture du niébé	10
1.2.2. Facteurs influençant le rendement du niébé	11
1.2.3. Exigences de la culture du niébé	11
1.2.4. Contraintes à la culture du niébé	12
II. ASSOCIATIONS CULTURALES.....	13
2.1. Description de l'association	13
2.2. Place de la culture associée maïs-niébé dans le système de rotation culturale	14
2.3. Différents types d'associations	14
2.4. Intérêts agronomiques et économiques	16
2.5. Contraintes des associations culturales.....	18
2.6. Intensification des systèmes de production.....	19
Chapitre II: Matériel et méthodes.....	21
I. ZONE D'ETUDE.....	22
1.1. Présentation des villages	22
1.1.1. Village de Koumbia	22

1.1.2. Village de Gombêlédougou	23
1.2. <i>Caractéristiques physiques des villages</i>	23
1.2.1. Climat.....	23
1.2.2. Sols.....	25
1.2.3. Hydrologie.....	25
1.2.4. Relief et végétation.....	25
II. MATERIEL	26
2.1. <i>Matériel végétal</i>	26
2.2. <i>Engrais minéraux et herbicide</i>	26
III. METHODES	27
3.1. <i>Choix des producteurs</i>	27
3.2. <i>Dispositif expérimental</i>	27
3.3. <i>Itinéraire technique</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.4. <i>Collecte des données</i>	29
3.5. <i>Variables économiques calculées</i>	31
3.6. <i>Analyse des données</i>	31
Chapitre III: Résultats et discussion	33
I. RESULTATS	33
1.1. <i>Effet de la densité et de la date d'insertion du niébé sur les performances agronomiques et économiques de l'association maïs/niébé</i>	33
1.2. <i>Effets de la diversité des pratiques de production sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées maïs/niébé</i>	36
1.2.1. <i>Analyse de la diversité des pratiques de production des cultures associées maïs-niébé</i>	36
1.2.2. <i>Analyse des effets des traitements sur les temps de travaux en fonction des classes</i>	39
1.2.3. <i>Analyse des effets des traitements sur les performances agronomiques en fonction des classes</i>	39
1.2.4. <i>Analyse des effets des traitements sur les performances économiques en fonction des classes</i>	40
II. DISCUSSION	44
CONCLUSION	48
Bibliographie	49

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

- A mes parents
- A mes frères
- Et à tous ceux qui ont cru en moi

Que le tout puissant vous

Remerciements

La réalisation de ce présent mémoire a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes. Sur ces lignes, je leur adresse mes sincères remerciements :

- Je remercie la Directrice Générale du CIRDES, pour nous avoir accepté dans sa structure en tant que stagiaires.
- Le corps professoral de l'IDR, pour nous avoir assurés une formation de qualité.
- Je tiens particulièrement à remercier mes maîtres de stage pour leur encadrement. Dr. Mamadou SANGARE, pour son accompagnement tout au long de la période de terrain, Dr. Kalifa COULIBALY pour son soutien, ses conseils et son suivi durant cette expérience. Je voudrais qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude et reconnaissance pour avoir mis à notre disposition tous les moyens matériels et financiers.
- Je tiens à remercier le Dr. Mamadou TRAORE et le Dr. Fernand SANKARA, enseignants-chercheurs à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, qui malgré leurs multiples occupations ont pu consacrer une partie de leur temps à la correction et la finalisation du document.
- Je remercie le projet CORAF pour sa contribution financière à la réalisation de cette étude.
- Je souhaiterais également souligner l'implication et l'aide au bon déroulement des activités de Mr. KOUTOU Mahamoudou et Mr. DIALLO Mahamadoun.
- Je ne saurais continuer sans adresser mes vifs remerciements au Dr. Zakaria BENGALY pour ses encouragements, ses conseils toujours constructifs et sa grande bonté.
- J'adresse également mes remerciements au Dr. KANWE pour son soutien, sa compréhension et sa disponibilité.

- Je remercie tous les producteurs de Koumbia et Gombêlédougou pour leur accueil, leur disponibilité et leur volonté lors des rencontres. Mes remerciements se dirigent aussi vers les agents de terrain, SANOU Yves et COULIBALY Adama pour leur implication et leurs compétences, lors des enquêtes et des suivis sur le terrain.
- Par ses grandes qualités humaines, Mr. BARRO Golo, mon père qui a su me guider et m'encourager depuis mon entrée à l'Université. Je le remercie pour m'avoir accompagné tout au long de mon stage et pour tout ce qu'il a fait pour rendre possible ce travail.
- Ma mère, Mm. BARRO Korotimi pour son soutien inconditionnel et sa confiance. Egalement, mon petit frère Souleymane, pour sa disponibilité et son extrême gentillesse. Merci d'avoir été présents pour moi.
- Un grand merci également aux personnes rencontrées au CIRDES : SEMPORE Aristide, Akoudjim et leurs collègues pour leur disponibilité, leur aide et conseils pratiques dans l'organisation et la finalisation du travail.
- Mes collègues stagiaires, ATTIOU O. Clément et DAO Lassina pour leur aide, leur solidarité et les moments passés ensemble mais surtout pour les échanges fructueux.
- J'adresse mes sincères remerciements à mes oncles et tantes, pour leurs encouragements, particulièrement Mr. OUATTARA Béma et Mr. DAGNON Lassina pour leur soutien.
- A tout le personnel du CIRDES pour l'hospitalité et la gentillesse manifestées à notre égard, qu'il trouve ici ma profonde gratitude.
- A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué au bon déroulement de mon stage et à la mise au point de ce document et dont les noms n'ont pas été cités, j'adresse un grand merci.

Sigles et abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales

ANOVA : Analyse des variances

CAH : Classification Ascendante et Hiérarchique

CB : Charge Brute

CCV : Comité de Concertation Villageois

CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement

CIRDES : Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide

CORAF : Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricole

ESPGRN : Equipe Systèmes de Production et Gestion des Ressources Naturelles

FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

IITA : International Institute of Tropical Agriculture (Institut International d'Agriculture Tropical)

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

ITC : Itinéraire technique cultural

JAS : Jours après semis du maïs

MB : Marge Brute

MH : Mauvaises Herbes

MO : Matière Organique

NPK : Azote-Phosphore-Potassium

PB : Produit Brut

p.100 : pourcentage

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeur d'estimation de l'effet du précédent cultural liée à l'application chimique	7
Tableau 2 : Echelle de notation de l'enherbement.....	79
Tableau 2 : Comparaison des moyennes des variables agronomiques et économiques des 4 traitements T0, T1, T2 et T3 (n=36).	34
Tableau 3 : Variation des paramètres agronomiques et économiques en fonction des classes	38
Tableau 4 : Variation des rendements maïs et niébé des traitements en fonction des classes	42

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des sites d'étude sur la carte du Burkina Faso	22
Figure 2 : Pluviosité moyenne et nombre de jours de pluie de l'année 2013 des deux villages (Koumbia et Gombêlédougou).....	24
Figure 3 : Pluviosité moyenne des 5 dernières années dans les villages de Koumbia et Gombêlédougou	24
Figure 4 : Schéma de l'essai	28
Figure 5 : Rendements grain et fane de niébé des 3 traitements T1, T2 et T3.. Erreur ! Signet non défini.	
Figure 6 : Variation des temps de travaux des traitements en fonction des classes.....	41
Figure 7 : Variation des paramètres économiques des 4 traitements en fonction des classes	43

Résumé

Les associations culturales céréales-légumineuses ont un effet positif sur la fertilité des sols, la productivité des systèmes de culture, la baisse de la consommation en engrais minéraux et l'utilisation des espaces. Cependant, des travaux dans la zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso ont montré un effet négatif de cette association sur le rendement en grain du maïs. Quelles modalités d'association légumineuses/maïs pourraient permettre de réduire cette baisse du rendement en grain de maïs? L'étude a été menée en 2013 dans deux villages de la commune de Koumbia (Burkina Faso) chez 36 paysans. Chaque paysan a mis en place quatre traitements sur une parcelle de 0,5 ha : le maïs en culture pure (T0) ; le maïs + la 1^{ère} variété de niébé semé 15 jours après sur chaque ligne de maïs (T1) ; le maïs + la 1^{ère} variété de niébé semé 15 jours après sur chaque 2^{ème} ligne de maïs (T2) ; et le maïs + la 2^{ème} variété de niébé semé 30 jours après sur chaque ligne de maïs (T3). Les résultats montrent que les différences enregistrées entre les rendements en grain et en tige de maïs et la production totale de fourrage (tige + fane) des quatre traitements ne sont pas significatifs ($P > 0,05$). Toutefois, la compétition entre le maïs et le niébé a tendance à être plus importante sur le rendement en grain de maïs dans le traitement T1 ($1\ 826 \pm 181$ kg/ha) comparé aux traitements T0 ($1\ 993 \pm 286$ kg/ha), T2 ($1\ 990 \pm 250$ kg/ha) et T3 ($1\ 994 \pm 130$ kg/ha). En revanche, les données sur le niébé montrent que les rendements en grain (111 ± 11 kg/ha) et en fane (115 ± 10 kg/ha) pour le traitement T1 sont significativement plus élevés que ceux du traitement T2, avec 58 ± 4 kg/ha et 53 ± 1 kg/ha respectivement pour les rendements en grain et en fane de niébé. Sur le plan économique, la marge brute a tendance à être plus importante dans le traitement T2 ($205\ 142 \pm 224\ 469$ F CFA/ha) par rapport aux traitements T0 ($189\ 630 \pm 175\ 013$ F CFA/ha), T1 ($199\ 288 \pm 169\ 741$ F CFA/ha) et T3 ($181\ 964 \pm 155\ 116$ F CFA/ha) bien que la différence ne soit pas significative. Les analyses montrent que l'insertion du niébé induit une baisse non significative du rendement en grain de maïs. Ce qui pourrait signifier que l'effet de la compétition entre les deux cultures augmente avec la densité du niébé. Par ailleurs, l'insertion du niébé sur chaque 2^{ème} ligne du maïs est plus rentable que l'insertion sur chaque ligne du maïs. Cela réduit certainement la compétition entre le niébé et le maïs, et la production additionnelle en grain et en fane de niébé pourrait générer des revenus substantiels.

Mots clés : Cultures associées, densité de niébé, compétition, productions de grain et de fourrage, revenu, Burkina Faso

Abstract

The cultural association's cereal-legumes have a positive effect on the fertility of soils, the productivity of the systems of culture, reduction in the consumption in mineral fertilizers and the use of spaces. However, works in the cotton zone of the west of Burkina showed a negative effect of this association on the output of the corn. Which combinations of association cereal/legumes would be able to permit to reduce this decrease of maize's yield? The study was led in 2013 in two villages of the municipality of Koumbia (Burkina Faso) to 36 farmers. Every farmer tested on four elementary plots of land of 1250 m² each: the pure culture of maize (T0); the maize + the 1st variety of cowpea sowed 15 days later on every line of maize (T1); the maize + the 1st variety of cowpea sowed 15 days later on every 2nd line of maize (T2); and the maize + the 2nd variety of cowpea sowed 30 days later on every line of maize (T3). The results show that the registered differences between the returns in grain and in stalk of corn and the total production of feed (stalk + fade) four treatments are not significant ($P > 0,05$). However, the competition between the corn and the cowpea tends to be more important on the yield of corn's grain in the treatment T1 (on 1826 ± 181 kg/ha) compared with treatments T0 (on 1993 ± 286 kg/ha), T2 (on 1990 ± 250 kg/ha) and T3 (on 1994 ± 130 kg / ha). On the other hand, the data on the cowpea show that the yields of cowpea's grain (111 ± 11 k/ha) and fades it (115 ± 10 kg/ha) for the treatment T1 are significantly more brought up than those of the treatment T2, with 58 ± 4 kg/ha and 53 ± 1 kg/ha respectively for the yields of cowpea's grain and fades it. On the economic plan, the gross margin tends to be more important in the treatment T2 ($205\,142 \pm 224\,469$ FCFA/ha) with regard to treatments T0 ($189\,630 \pm 175\,013$ FCFA/ha), T1 ($199\,288 \pm 169\,741$ FCFA/ha) and T3 ($181\,964 \pm 155\,116$ FCFA/ha) although the difference is not significant. Analyses show that the insertion of the cowpea leads a not significant decline of the yield of corn's grain. It could mean that the competition between both cultures increases with the density of the cowpea. Besides, the insertion of the cowpea on every 2nd line of the corn is more profitable than the insertion on every line of the maize. It reduces certainly the competition between the cowpea and the corn, and the additional production of cowpea's grain and fades it could generate substantial incomes.

Keywords: associated cultures, density of cowpea, competition, production of grain and feed, incomes, Burkina Faso

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, l'Agriculture occupe 80% de la population active et participe pour plus de 40% au Produit Intérieur Brut (Chambre de commerce, 2006). Ainsi elle occupe une place non négligeable dans les revenus des populations. Toutefois, il convient de souligner que l'Agriculture burkinabé demeure marquée par une faible productivité en raison de son caractère extensif, des aléas climatiques et de l'emploi d'outils traditionnels de production. En effet, le système de gestion des terres agricoles au Burkina Faso 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).

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. Cela induit comme conséquences la baisse des rendements agricoles, la baisse des revenus et plus globalement la fragilisation de la sécurité alimentaire. Dans cette région, la détérioration des systèmes de production et l'épuisement des sols en éléments nutritifs sont aggravés par une forte croissance démographique. Le système de culture se caractérise par un travail intensif du sol, une utilisation importante des pesticides et engrais chimiques, une vaine pâture et un brûlis des résidus de culture (Coulibaly *et al.*, 2012c). 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 a été conduite la présente étude, la densité de la population est de 45 habitants/km² (INSD, 2004). La pression démographique est telle que l'augmentation de la demande en terres de cultures est devenue incompatible avec les pratiques traditionnelles d'élevage. Le système n'arrive pas à assurer une alimentation convenable des animaux (40 UBT/km²) (INSD/ENEC II, 2004). 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 al.*, 2003). Les légumineuses n'occupent qu'une part marginale soit 5% des assolements (Vall, 2009), alors qu'elles peuvent jouer un rôle très important, 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 (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). Malgré ces avantages des légumineuses, elles ne font pas l'objet d'appropriation par les producteurs, à cause des contraintes liées à leur commercialisation et leur stockage. Face à la pression foncière et aux rôles bénéfiques des légumineuses, des actions dans le sens de l'intégration des cultures fourragères dans le système de culture existant semblent être une alternative durable pour une gestion rationnelle des ressources naturelles. C'est ce qui a motivé la mise en œuvre du projet CORAF intensification Agro-écologique afin d'améliorer la production de biomasse en quantité et en qualité, et l'une des voies pour y parvenir est l'introduction de l'association céréales-légumineuses.

Des travaux conduits sur les cultures associées, ont montré des problèmes de compétition entre les céréales et les légumineuses. En effet, les résultats obtenus par (Coulibaly *et al.*, 2012d) montrent que l'association de la légumineuse au maïs entraîne une baisse de rendement grain du maïs par rapport à sa culture pure.

La réduction de la densité et le décalage de la date de semis du niébé seraient-ils une voie pour atténuer cette baisse du rendement de maïs ?

C'est pour répondre à cette question que des essais ont été mis en place en conditions réelles de production, en collaboration avec des producteurs des villages de Koumbia et Gombêlédougou dans la province du Tuy.

L'objectif global de cette étude était de déterminer les modalités d'association maïs/niébé qui permettraient de réduire la compétition entre le maïs et le niébé afin d'obtenir de meilleures performances agronomiques et économiques.

Spécifiquement il s'agissait de :

- Evaluer l'effet de la densité du niébé sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées maïs-niébé ;
- Evaluer l'effet du décalage de la date de semis du niébé sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées maïs-niébé.

Le présent mémoire s'articule autour de trois (03) chapitres :

- le chapitre I présente les généralités sur le maïs et le niébé ;
- le chapitre II est consacré au matériel et aux méthodes utilisés pendant l'étude ;
- les résultats obtenus et leur interprétation sont présentés dans le chapitre III.

Chapitre I : Revue bibliographique

I. CONNAISSANCES GENERALES SUR LE MAÏS ET LE NIEBE

1.1. Connaissances générales sur le maïs

1.1.1. Culture du maïs

1.1.1.1. Zones de culture du maïs

Au Burkina Faso, les zones climatiques les plus favorables à la culture du maïs sont les zones soudano-sahéliennes et les zones soudaniennes où la pluviométrie varie respectivement de 600-800 mm et de 800-1200 mm. Le maïs est sensible aux aléas climatiques liés à la variabilité et aux extrêmes pluviométriques. Il est confronté à deux risques agro climatiques majeurs. Il s'agit, dans la zone soudano-sahélienne, des déficits hydriques imputables à des séquences sèches au cours du développement du maïs. L'ensoleillement y est important et le parasitisme réduit, favorisant l'utilisation de variétés tardives et productives. Tandis que les excès d'eau liés à des fortes pluies ou des successions d'épisodes secs et d'excès d'eau, constituent les risques en zone soudanienne. L'ensoleillement réduit et une forte pression parasitaire ne permettent pas une productivité aussi élevée, et la brièveté des saisons des pluies impose l'emploi de variétés plus précoces, à faible rendement. Le maïs y est pourtant souvent la céréale principale.

1.1.1.2. Systèmes de cultures intégrant le maïs

Selon les systèmes de cultures, les rendements du maïs peuvent varier. En effet le maïs est une plante exigeante et sa culture continue entraîne une baisse de rendement et présente des risques de dégradation du sol. D'après les travaux d'Edzang Mba (1990), la mise en rotation d'une culture avec d'autres cultures, permet d'augmenter les rendements par rapport à la culture continue. Hiema (2005) ajoute par ailleurs qu'une rotation faisant précéder le maïs d'une légumineuse a un effet bénéfique sur la teneur du sol en azote. Selon Garba (2007), le maïs en rotation avec d'autres cultures annuelles telles que l'arachide permettra l'ameublissement du sol. C'est pourquoi il est préconisé de faire une rotation culturale entre l'arachide et le maïs.

D'une manière générale dans les zones cotonnières, le maïs occupe une place de choix dans les systèmes de rotation des cultures pratiquées par les paysans. Selon Sédogo (2008), dans ces zones où l'assolement est à base de coton, le système de rotation « coton-maïs-sorgho » qui y était autrefois pratiqué est largement remplacé par le système de rotation « coton-maïs ».

Ce système est caractérisé par l'utilisation quasi annuelle du labour comme technique de préparation du sol et l'application souvent exclusive des engrais minéraux. La culture de coton et de maïs occasionne forcément l'utilisation de complexe minéral.

L'association maïs/niébé n'est pas très pratiquée dans les villages. Pourtant des essais ont montré que le rendement grain des variétés du maïs améliorées en association avec le niébé est 8 à 50% supérieur à celui de la culture pure des paysans en milieu réel.

1.1.2. Facteurs influençant le rendement du maïs

Selon les modalités de conduite de la culture du maïs, les rendements peuvent varier de façon significative.

- La date de semis et le sarclage

Selon Vilain (1989), les semis tardifs altèrent la durée de végétation et réduisent le rendement des cultures. Sanou (2003), préconise pour la zone Ouest, une période de semis allant du mois de juin au 15 juillet avec une densité de 50 000 à 62 500 plants/ha.

La période et le nombre de sarclage ont été soulignés par plusieurs acteurs. Au Nigéria, Akobundu cité par Barro *et al.* (1996), a enregistré une hausse de rendement de 67% avec deux sarclages par rapport au maïs non sarclé. Paliwal *et al.* (2002), signalent chez le maïs des pertes de rendement de 20 à 100% dues aux mauvaises herbes aux Philippines, au Brésil, en Gambie, en Sierra Léone et au Nigéria et de 30 à 56% en Ethiopie.

- La fumure organique

Le maïs répond bien à la fumure organique. La teneur en matière organique (MO) du sol est une des clés de la culture du maïs en ce sens qu'elle améliore non seulement ses qualités physiques, permet une activité microbienne, maintient en réserve de l'eau, mais aussi contribue à la libération de l'azote minéral (N). Des études réalisées par Diallo (2002) à la station de recherche de Farakoba ont montré que les rendements du maïs augmentaient en fonction des doses d'N combiné à l'épandage du fumier. Il a enregistré une production de plus de 3 t avec une dose de 90 kg d'azote par ha combinée à 3 t par ha de fumier et moins d'une tonne avec une application de fumier (2 t/ha) sans apport d'azote.

Le maïs réagit positivement à la fumure organique même à faible dose surtout dans les sols épuisés. En effet 10 à 20 t/ha de fumier enfouis au moment du labour permettent d'améliorer la structure du sol, d'économiser les engrais, de maintenir la fertilité du sol et d'enrichir le sol en matière organique.

- ***Le facteur « date d'apport de l'azote »***

Il a un effet significatif sur le rendement en grain du maïs. En zone cotonnière Ouest du Burkina Faso, Edzang Ongo (2000) a obtenu des rendements de plus de 3,4 t/ha avec un apport d'azote 15 jours après semis contre moins de 2,1 t/ha lorsque l'azote est apporté 50 jours après semis. L'azote tend à prolonger la durée du fonctionnement des organes verts, à retarder la sénescence et la maturation. Cependant un apport précoce peut dans certains cas favoriser la précocité. Il peut contribuer aussi à l'affaiblissement de la résistance mécanique de la plante et à la sensibilité à certaines maladies cryptogamiques.

- ***L'effet du précédent cultural***

Il dépend du sol et de son état de dégradation. Cependant, la production de maïs obtenue sur un sol déjà cultivé est généralement meilleure.

On peut citer comme meilleurs précédents :

- 1- Les légumineuses notamment l'arachide et le voandzou, qui augmentent la teneur du sol en azote et en d'autres éléments nutritifs.
- 2- Les tubercules ou racines telles la pomme de terre et le manioc qui facilitent par la suite un meilleur enracinement du maïs.
- 3- Le cotonnier, qui nécessite l'utilisation d'engrais minéraux, permet au maïs de profiter de la matière minérale restante.
- 4- La jachère également, avec un enfouissement de matière organique (MO), permet au maïs de profiter de la présence des substances contenues dans cette MO.

L'arrière effet de trois ans a été obtenu à partir des données sur les précédents culturaux qui ont permis d'estimer l'effet précédent lié à la fertilisation minérale avec des engrais complexes selon l'application ou non jusqu'à 3 années en arrière en supposant que la culture de coton et de maïs occasionne forcément l'utilisation de complexe. L'effet est dégressif selon les années avec une valeur de 1 en cas d'application l'année précédente (N-1), une valeur de 0,66 il y a 2 années (N-2) et une valeur de 0,33 il y a 3 années (N-3). La valeur estimée comprend 8 possibilités (Tableau 2) (Coulibaly, 2012).

Tableau 1 : Valeur d'estimation de l'effet du précédent cultural liée à l'application chimique

Années.			Valeurs
N-3	N-2	N-1	
0,33	0,66	1	1,99
0,33	0,66	0	0,99
0,33	0	1	1,33
0,33	0	0	0,33
0	0,66	1	1,66
0	0,66	0	0,66
0	0	1	1
0	0	0	0

Légende : N-1= application d'engrais il y'a 1 année ; N-2= application d'engrais il y'a 2 années ; N-3= application d'engrais il y'a 3 années.

Source : Coulibaly (2012).

1.1.3. Exigences de la culture du maïs

La culture du maïs nécessite une température minimum de 10° C pour une germination active et au moins 18° C pour la floraison. Il est incapable de germer à une température inférieure à 5° C. Toutefois le maïs tropical est fortement sensible aux températures en dehors de la plage d'adaptation des cultivars (en dessous de 15° C et au-delà de 44° C) (Norman *et al.*, 1995).

Le maïs est classé parmi les plantes de jours courts, la floraison est retardée par des photopériodes supérieures à 12,5 heures (Kiniry *et al.*, 1983). La plupart des cultivars tropicaux sont photosensibles, mais le degré de sensibilité varie énormément (de 1 à 12 jours de retard de l'anthèse par heure d'allongement de la durée du jour)

En pratique, le maïs est normalement cultivé entre 750 à 1750 mm d'eau par an (Norman *et al.*, 1995). Le maïs cultivé dans les basses terres tropicales a besoin d'au moins 500 mm de précipitations bien réparties durant l'hivernage. Chez cette plante, la floraison est la période la plus critique du point de vue exigence en eau. Les besoins maximum en eau s'estiment à environ 45% du total et se situent de 15 à 20 jours avant et 15 à 20 jours après la floraison mâle.

Le maïs peut pousser sur tous les sols, pourvu que ces sols soient sains et profonds. Il préfère les sols assez riches en éléments fins, humifères, frais et à capacité de rétention élevée. Il pousse sans inconvénient dans un sol de pH 5,5 à 7. Cependant, selon Sanchez *et al.* (1977), sa croissance sur la plupart des sols tropicaux est limitée par la toxicité de l'Aluminium.

1.1.4. Contraintes à la culture du maïs

Elles se résument à l'insuffisance et à l'irrégularité des pluies, à la dégradation et à l'appauvrissement des sols, à l'abondance des mauvaises herbes, aux maladies et aux insectes.

1.1.4.1. La variabilité climatique

Le maïs en conditions tropicales est en grande partie cultivé sous pluie, même dans les zones où la sécheresse est considérée comme étant la contrainte abiotique la plus importante (Dzotsi, 2002). Selon Kambiré *et al.* (2010), la période de sécheresse la plus cruciale du maïs est de 5 jours avant la floraison femelle. Selon le CIMMYT (1991), durant cette période critique (20 jours avant la floraison et 10 jours après), la plante absorbe 45% des besoins en eau. Un stress hydrique à cette période entraîne des pertes de rendements qui peuvent atteindre 60%.

1.1.4.2. La baisse de la fertilité des sols

La majorité des sols au Burkina Faso est caractérisée par une teneur en matière organique (MO) et en matières minérales (MM) relativement faibles. La teneur en MO des sols est inférieure à 1% pour 55% des sols étudiés, de 1 à 2% et supérieure à 2% pour seulement 16% des sols (PNUD-FAO, 2008). Pieri (1989), observe des taux de MO de l'ordre de 0,7% dans les sols ferrugineux tropicaux sous culture et inférieure à 3% sous végétation. Le faible taux de MO de ces sols ne permet pas de rentabiliser l'apport d'engrais minéraux, ce qui constitue un facteur limitant la productivité de ces terres. En effet, la fertilité du sol constitue la principale contrainte à la production agricole. Sur les sols dégradés, le paysan obtient des rendements de 100 à 200 kg/ha en grain de maïs. Dans la savane, les rendements moyens de maïs dépassent régulièrement 1,500 kg/ha car le maïs bénéficie de l'arrière effet de la fumure de coton.

1.1.4.3. Les maladies et les insectes

Les maladies sont causées par des champignons, des bactéries et des virus, entraînant d'importantes pertes de rendements au champ. Selon le CIMMYT (2000), ces pertes peuvent

atteindre 80% dans le cas du Mildiou. Au Burkina Faso, la maladie de la Striure du maïs provoquée par le *Maize Streak Virus* (MSV) est l'une des principales causes des pertes de rendement du maïs (Séré, 1990 ; Traoré, 1993).

Par leurs attaques, les insectes causent de multiples dégâts aux cultures au champ, entraînant des dégâts sur les tiges (Borers), les racines, les feuilles (Aphides et Criquets). C'est le cas aussi des insectes vecteurs de maladies sur lesquels les travaux conduits par Traoré *et al.* (1996), ont permis d'identifier l'espèce *Cicadulina mbila* Naudé (*Homoptera cicadellidae*) comme l'espèce la plus redoutable dans la transmission du MSV.

1.1.4.4. Les mauvaises herbes

La compétition des mauvaises herbes avec les cultures pour l'eau, les nutriments et la lumière explique pourquoi leur incidence néfaste sur les rendements peut atteindre des niveaux très importants (Dzotsi, 2002). Selon IITA (2001), dans les savanes nigérianes, les pertes de rendements infligées par les mauvaises herbes atteignent 92% de la production. Le *Striga* est une véritable peste en Afrique Subsaharienne. Chaque année, il creuse un manque à gagner correspondant à 7 milliards de Dollars US à l'économie africaine (FAO, 2001).

1.1.4.5. Les contraintes techniques et économiques

Elles ont trait d'une part à la mauvaise assimilation des connaissances techniques, d'autre part au coût élevé des intrants. Egalement dans certains pays tel que le Burkina Faso, la culture du maïs est étroitement dépendante de la pluviométrie annuelle. Les variations pluviométriques nécessitent l'utilisation de variétés à plus ou moins long cycle.

Il y a également :

- 1- les difficultés d'adoption par les paysans des nouvelles technologies (densité de semis, fumure, technologie post récolte, etc), appropriées aux variétés améliorées ;
- 2- l'absence d'une politique de diversification et d'utilisation du maïs et de ses sous-produits ;
- 3- le manque de technologies adaptées à la conservation traditionnelle des produits de récolte.

1.2. Connaissances générales sur le niébé

1.2.1. Culture du niébé

1.2.1.1. Zones de culture du niébé

Selon Dugje *et al.* (2009), le niébé peut être cultivé en conditions pluviales, sous irrigation ou avec l'humidité résiduelle du sol le long des fleuves, ou dans les plaines lacustres en saison sèche, pourvu que les minima et maxima de températures (nocturnes et diurnes) soient dans une fourchette de 28 à 30° C pendant la campagne culturale. Le niébé affiche une bonne performance dans les zones agro-écologiques où la pluviométrie est de 500 à 1200 mm/an. Cependant, grâce aux variétés précoces et extra précoces, il peut pousser dans le sahel où la pluviométrie est inférieure à 500 mm/an. Il tolère la sécheresse et s'adapte bien aux sols sablonneux et pauvres. Toutefois, c'est sur des sols bien drainés, sableux-limoneux à limoneux-argileux, à pH 6 ou 7 qu'il atteint ses meilleurs rendements.

1.2.1.2. Systèmes de cultures intégrant le niébé

Le niébé peut être semé en culture pure ou en association avec d'autres cultures (céréales ou légumineuses). Dans ces associations de cultures, les paramètres tels que la densité de semis, la date de semis, le nombre de cultures en association (2 à 3) varient d'une région à l'autre. Ces paramètres tiennent compte de la fertilité des sols, de la disponibilité de semences et des besoins alimentaires des ménages. Selon César (2004), le paysan connaît depuis longtemps l'avantage des cultures associées graminées-légumineuses. Au cours de l'assolement, s'il constate une baisse de la fertilité, il associe spontanément des légumineuses vivrières, (généralement arachide ou niébé) à ses céréales (maïs, mil ou sorgho). Les cultures du maïs et du niébé sont pratiquées dans la quasi-totalité du Burkina Faso, particulièrement dans les zones de production du coton, avec des variantes intra et inter spécifiques qu'on pourrait attribuer aussi bien aux caractéristiques agro écologiques, aux habitudes alimentaires locales, qu'à la structure de la population et aux opportunités de marché. Le maïs et le niébé participent à la formation des systèmes de culture dans les savanes, centrés autour du coton. Il ressort dans les travaux de Coulibaly *et al.* (2012a) que sur la sole d'association maïs/légumineuse, la biomasse produite peut être augmentée de plus 22% comparativement à la sole de culture pure de maïs.

1.2.2. Facteurs influençant le rendement du niébé

- **La date de semis**

La plupart des variétés semi-érigées et prostrées sont photosensibles. Un semis précoce empêche la floraison, mais favorise une croissance végétative abondante et, par conséquent, le risque d'une baisse du rendement en grain (Dugje *et al.*, 2009).

- **La température**

Selon Baudoin *et al.* (1995), les cultures de niébé dans les zones sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest sont souvent soumises à des températures nocturnes pouvant excéder 20° C. Ces conditions influencent négativement le rendement de la culture.

1.2.3. Exigences de la culture du niébé

Il est très important de faire un choix judicieux du site de culture. Pour le niébé pluvial, il faut opter pour un sol sableux-limoneux bien drainé. Le niébé ne tolère pas les sols trop humides ou engorgés et ne doit pas être cultivé sur les sols mal drainés.

Egalement il est important de choisir des variétés adaptées à la zone agro-écologique en tenant compte des conditions climatiques et des systèmes de cultures prédominants. Le choix de la variété se fonde sur le cycle cultural, le potentiel de rendement, la tolérance à la sécheresse, la réactivité à la longueur du jour et la résistance aux maladies et aux ravageurs.

L'établissement d'un champ de niébé, nécessite un semis tardif afin d'éviter que le niébé n'arrive à maturité pendant les pluies. Il faut cependant éviter les plantations trop tardives afin de se prémunir du risque d'un arrêt prématuré des pluies. Cela implique une bonne prévision du début et de la durée de la saison pluvieuse et, de surcroît la connaissance du cycle de la variété mise en culture.

Avant le semis, il est nécessaire de traiter les semences avec du Benomyl 50%, Carbenzine, Captan ou Thirame à la dose de 3 g/kg (1 sachet) de semences, ou Apron Pus à raison de 10 g/4-5 kg de semences (1 sachet) ou Apron Star 42 WS à la dose de 10 g/8 kg de semences /1 sachet. Ce traitement favorisera une bonne germination et protégera les plantules contre les attaques d'insectes et de champignons dès la levée.

Pour la plupart des variétés, l'idéal serait de semer dans un trou profond de 2,5 à 5 cm. Une profondeur de plus de 5 cm retardera la levée, les semis peuvent pourrir et la levée ne sera pas uniforme.

1.2.4. Contraintes à la culture du niébé

La culture du niébé est soumise à plusieurs contraintes au Burkina Faso comme dans la plupart des pays sahéliens. Parmi ces contraintes, on peut citer l'archaïsme des moyens de production et des techniques de culture qui sont généralement inadaptés aux conditions du climat, la pauvreté des producteurs, ainsi que les maladies et les ravageurs qui occupent une grande place dans ces contraintes.

1.2.4.1. Les maladies et les insectes

Le niébé est soumis à des attaques de champignons, de bactéries et de virus. Différentes maladies touchent différentes parties de la plante à divers stades de sa croissance. Les plus importantes et les plus courantes sont l'antracnose, la pourriture de la tige (*Sclerotium*), la pourriture des racines du collet, la fonte des semis, la *cercosporiose*, les taches foliaires (*Septoria*), le flétrissement fusarien et les gales.

Les insectes nuisibles constituent des contraintes majeures à la production du niébé en Afrique de l'Ouest. A chaque phase de sa croissance, le niébé est si sévèrement attaqué par une multitude d'insectes, que l'emploi des variétés résistantes et d'insecticides s'avère obligatoire. Les dégâts dus aux insectes nuisibles peuvent atteindre 80 à 100% en l'absence d'une lutte efficace. Les principaux insectes ravageurs du niébé sont entre autre les pucerons (*Aphis craccivora*), les thrips sur les fleurs (*Megalurothrips sjostedti*), les méloïdes (*Mylabris spp.*), la foreuse des gousses (*Maruca vitrata*), les punaises suceuses de gousses (*Anoplocnemis curvipes*) et les bruches qui attaquent les gousses murissantes.

1.2.4.2. Les mauvaises herbes

Les mauvaises herbes constituent une contrainte majeure à la production du niébé. Si elles sont mal gérées, elles sont capables d'abriter les ravageurs et de réduire aussi bien le rendement que la qualité des graines. Le rendement fourrager peut également baisser. Le niébé supporte mal la concurrence des adventices surtout en début de croissance. Les deux types d'adventices du niébé sont *Striga sup* et *Alectra sp*. Le *Striga* fait plus de dégâts car il est très répandu dans les régions à faible pluviométrie et à sols peu fertiles caractéristiques des savanes nord-guinéennes et soudaniennes. Le mal s'aggrave lorsque l'humidité du sol devient un facteur limitant.

1.2.4.3. Les contraintes technique et économique

Malgré leur rôle reconnu en termes d'amélioration de la performance des systèmes de culture à base de céréales, les légumineuses occupent une place marginale dans les systèmes de culture de l'ouest du Burkina Faso.

Les résultats précédents indiquent que le niébé est sensible à l'arrière effet de la précédente fertilisation contrairement au mucuna (Coulibaly *et al.*, 2012).

La culture des légumineuses nécessite une gestion appropriée pour sa mise en place, en plus de cela les producteurs doivent faire face à une indisponibilité de semences (Hamadou *et al.*, 2005). En effet, selon (Nkamleu *et al.*, 2000), l'une des principales contraintes à la production du niébé dans les Provinces Nord du Cameroun est le manque des variétés améliorées à haut rendement et résistantes aux maladies, insectes et autres pestes.

II. ASSOCIATIONS CULTURALES

Les stratégies de production des paysans varient d'une année à l'autre selon les ressources humaines, l'équipement et les ressources techniques et financières de l'exploitation. Selon ESPGRN (1994), l'association des cultures est une pratique ancienne du paysan en vue de résoudre certaines contraintes de production et de minimiser les risques de la culture pure. Les résultats de l'étude menée sur la dolique ont montré que la parcelle associée (maïs/dolique) dégage des bénéfices nets supérieurs à ceux de la parcelle pure. Ainsi la combinaison des cultures permet d'améliorer et de sécuriser la production globale du paysan mais également de diversifier les sources de revenu.

2.1. Description de l'association

Le principe est d'implanter deux ou plusieurs cultures simultanément sur une même parcelle, au cours de la même saison. Leurs cycles culturaux se chevauchent sans pour autant être plantés ou récoltés en même temps. Les agriculteurs associent fréquemment des espèces à cycles de développement variés comme par exemple les plantes pérennes, semi-pérennes (bananier, canne à sucre, manioc, igname,...) et annuelles. Les associations culturelles peuvent être arrangées de diverses façons dans l'espace en :

- cultures intercalées de différentes espèces organisées en lignes ou en bandes alternées ;

- mélanges, sans arrangement géométrique nettement observable (Memento de l'agronome, 2002).

Les associations organisées en bandes (interlignes), ne sont pas recommandées, bien que la compétition entre les différentes cultures, pour les éléments nutritifs soit moins importante qu'en inter-poquets. En inter-poquets, la légumineuse peut être semée après chaque deux poquets de la céréale, mais également après chaque poquet lorsque la distance entre les poquets de la céréale dépassent 60 cm. C'est le cas de l'association maïs/dolique.

L'association en mélange, très souvent pratiquée en milieu paysan, indique la non maîtrise des techniques culturales de la part des producteurs. Selon Jens (2006) cité par Garba (2007), les paysans pratiquent souvent l'association mil/niébé, mais la densité de niébé est parfois faible, ce qui fait que l'arrière effet de la fixation de l'azote après la production de niébé est moindre. Ainsi la dominance des cultures céréalières dans le système limite la diversification et l'intensification des autres cultures.

2.2. Place de la culture associée maïs-niébé dans le système de rotation culturale

Les associations maïs/légumineuses peuvent être installées après n'importe quelle culture en semis direct ou en tête de culture après la première défriche. Elles peuvent également être en culture continue pendant plusieurs années (rompant la monoculture). Il est d'ailleurs intéressant de construire ce type d'association deux fois de suite pour installer des systèmes en semis direct dans des conditions optimales. Il faut toutefois alterner la légumineuse associée pour éviter le développement de maladies, en particulier pour le niébé qui peut être fortement attaqué (*Alectra*). Il faut également éviter de cultiver le maïs sur un paillage de sorgho, surtout si la production de la légumineuse a été faible.

2.3. Différents types d'associations

Les associations les plus fréquemment rencontrées dans la bande sahéenne concernent surtout les associations céréales/légumineuses et légumineuses/légumineuses. Parmi les associations céréales/légumineuses, on peut avoir : mil/niébé, mil/arachide, sorgho/niébé, maïs/niébé, maïs/arachide, maïs/dolique et maïs/mucuna.

Le mil est une culture originaire du Sahel. Elle est principalement localisée sur les sols sableux, à partir de 350 à 400 mm de pluie (David, 1987). Ses caractéristiques sont celles

d'une plante adaptée à des conditions de milieu difficiles (sols pauvres, pluviométrie faible et aléatoire). Il est généralement associé au niébé. Au Fakara, une étude comparative a été faite en associant le mil avec l'arachide afin de voir laquelle des associations permettra de mieux améliorer la fertilité du sol, donc augmenter le rendement à l'hectare. Ainsi au niveau des exploitations on a préconisé de semer une partie du champ en associant le mil et l'arachide. Le mil est semé avec un écartement de 1 m entre les lignes de mil et 80 cm entre les poquets. Entre deux lignes de mil on sème une ligne d'arachide avec comme écartement 30 cm entre les lignes d'arachide.

Lors des travaux réalisés à Fakara (Niger) où l'essentiel de l'association céréale/niébé est basée sur l'association mil/niébé, Garba (2007) propose l'association sorgho/niébé. Ainsi il propose de semer le sorgho avec un écartement de 1 m entre les lignes et 80 cm entre les poquets au sein d'une même ligne. Le semis du niébé a lieu 10 jours après celui du sorgho suite à une pluie. Il est fait entre les lignes de sorgho avec un écartement de 50 cm entre les poquets de niébé, avec une densité de 10 000 à 20 000 pieds/ha. Selon Zougmore *et al.* (1996) reporté par Garba (2007), cette technique permettrait de limiter le ruissellement des eaux de pluies et d'améliorer la teneur en azote et en MO du sol.

Le maïs est une céréale cultivée dans certains villages du Fakara ainsi que dans plusieurs villages africains. L'association maïs/niébé n'est pas très pratiquée dans ces villages. D'habitude, les producteurs cultivent le maïs en culture pure. Pourtant cela permettra d'accroître la production du maïs. C'est ainsi que Garba (2007) recommanda d'adopter la technique culturale qui consiste à semer le maïs avec un écartement de 80 cm entre les lignes de maïs et 50 cm entre les poquets. Le semis du niébé a lieu 10 jours après une pluie ; entre deux lignes de maïs, on sème une ligne de niébé avec un écartement de 50 cm entre les poquets de niébé.

Au Fakara par exemple, l'arachide intéresse surtout les femmes qui l'associent parfois avec l'oseille ou le gombo. Dans de nombreux villages, on la rencontre en culture pure. Pourtant son association avec le maïs pourrait être une source de revenus potentiels pour les producteurs. Ainsi les techniques culturales de l'association maïs/arachide consiste à semer le maïs avec un écartement un peu plus large entre les lignes de maïs, notamment 1,20 m et 80 cm entre les poquets. Le semis de l'arachide se fait 10 jours après, avec un écartement de 40 cm x 15 cm. On sème 2 lignes d'arachide entre 2 lignes de maïs.

La culture de la dolique associée au maïs est une technique qui se fait par un semis retardé de la dolique et son développement végétatif sera accéléré après la récolte du maïs (ESPGRN, 1994). Les résultats ont montré que l'effet de la dolique sur le maïs est moindre lorsque la dolique est semée au stade de 4-5 feuilles du maïs. En effet les paysans ayant menés les expérimentations ont constaté que la dolique souffre lorsqu'elle est semée plus tard. Ainsi le semis plus tardif de la dolique au stade de 6-7 feuilles du maïs est au détriment de la quantité de fourrage recherchée, l'association maïs/dolique étant appréciée comme fourrage.

Les cycles du mucuna et du maïs sont très complémentaires sous les conditions climatiques du Nord-Honduras. Les plantes se développant de façon décalée, les interventions techniques pour contrôler la plante de couverture sont réduites.

L'implantation du mucuna a lieu pendant un cycle de maïs d'hiver, 40 à 60 jours après le semis de ce dernier en décembre. Le semis du maïs se fait en ligne, en respectant 80 à 100 cm de distance entre les rangs, 50 à 80 cm entre les poquets, à raison de trois à quatre graines par poquet. Les graines sont parfois traitées contre les fourmis, et peuvent être pré-germées pour rendre le maïs plus compétitif face aux adventices.

On sème un mélange de plusieurs espèces de mucuna dans l'inter-rang de maïs, au bâton-fouisseur, à raison de deux à trois graines par trou (un à deux mètres entre les trous). La dose de graines avoisine les 10 à 15 kg par hectare (Dounias, 2001).

2.4. Intérêts agronomiques et économiques

Les avantages de l'association par rapport aux cultures pures des espèces associées ont été reportés par plusieurs auteurs, (Zougmore *et al.*, 2000 ; Juste *et al.*, 2009 ; Akédri *et al.*, 2010). En effet, depuis les années 80, les premiers résultats ont indiqué qu'en général l'association des cultures donne un rendement total meilleur à celui des composantes de l'association cultivées en pure. Ces systèmes présentent de nombreux intérêts :

- *Sur le plan agronomique*

L'association des cultures présente plusieurs avantages parmi lesquels l'association mil/niébé qui permet d'abord d'éviter l'envahissement du mil par les adventices, un problème commun à toutes les régions productrices ; puis d'améliorer les rendements du mil par l'élimination des adventices et la fixation de l'azote biologique ; enfin, d'assurer une réserve en fourrage et en grains (variétés fourragères et mixtes) (Mandret, 1988).

Selon Garba (2007), en plus de la complémentarité que la légumineuse vivrière et la céréale jouent dans la diète alimentaire, l'association de deux cultures produit des avantages au

niveau du contrôle des mauvaises herbes, de la couverture du sol, de la protection du sol contre l'érosion et de la dispersion des insectes.

L'un des avantages de l'association est le meilleur rendement des cultures associées par rapport à la moyenne des deux espèces conduites individuellement (Bousseau, 2009). En effet, les résultats de Juste *et al.* (2009), ont révélé que le rendement total de l'association (blé + pois) est supérieur ou égal à celui du blé pur (ou du pois pur). Ainsi, il est très probable que l'association soit le plus souvent plus productive que les cultures pures.

Toutefois, Ehouinsou *et al.* (2003), ont obtenu autant de maïs en association maïs/*Aeschynomene* ou maïs/*Stylosanthes* qu'en culture pure du maïs. Selon Ehouinsou (2004), les bons rendements de maïs obtenus dans ce système peuvent s'expliquer par le fait que les plants de maïs ont profité de l'azote fixé par les légumineuses de l'association.

Egalement plusieurs résultats (Mohamed-Saleem *et al.*, 1986 ; Nnadi *et al.*, 1986 ; Renard *et al.*, 1989 ; Garba *et al.*, 1991) ont montré que l'association des cultures vivrières avec des légumineuses fourragères permet de produire des fourrages et du vivrier tout en améliorant la fertilité des sols. En effet dans un système d'association des cultures d'*Aeschynomene histrix* ou de *Stylosanthes scabra seca* avec la culture de maïs, les productions de fourrage de ces deux légumineuses et de fourrage de paille de maïs obtenues par Ehouinsou *et al.* (2003) en milieu producteur à Zè (Cotonou) sont importantes (Ehouinsou, 2004).

Le système association maïs/mucuna permet la culture en continue d'une même parcelle pendant de longues années (Dounias, 2001). Au Nord-Honduras, certaines sont en association maïs/mucuna depuis vingt ans sans diminution du rendement du maïs. L'association maïs/mucuna peut être considérée comme une forme d'intensification par rapport au système traditionnel maïs/jachère.

En effet, ce système assure une gestion conservatoire de l'eau et des sols. De plus, le mucuna permet de maintenir à des niveaux très bas l'incidence des principaux parasites et des maladies du maïs. Le mucuna produit une biomasse importante (10 à 12 t/ha de matière sèche). Cette quantité de biomasse varie peu d'une année à l'autre. Les rendements du maïs *postrera* obtenus en association avec le mucuna sont très supérieurs à ceux observés dans les systèmes traditionnels maïs/jachère. Ils sont multipliés par deux, quelles que soient les conditions climatiques de l'année, pour culminer à 6 t/ha. Ils augmentent dès la première année, puis demeurent stables à partir de la troisième année.

- *Sur le plan économique*

1). La production de 2 cultures est faite la même année sans affecter le rendement du maïs. Ce qui rend ces systèmes très intéressants économiquement parlant, en particulier sur les sols riches où l'engrais n'est pas indispensable. Selon Dounias (2001), l'association maïs/mucuna a été mise au point et adoptée par les agriculteurs pour intensifier la production de maïs. Elle est pratiquée dans des parcelles fertiles, et n'est pas considérée comme une mesure de restauration d'urgence de la fertilité dans des terres déjà dégradées.

2). Tirant parti au mieux de l'écologie naturelle du mucuna, le système fonctionne d'ailleurs de façon tout à fait satisfaisante. Les rendements sont bons, les coûts de production modérés et l'environnement physique est préservé, voire amélioré, permettant la culture continue sur une même parcelle. Ceci ne nécessite pas d'investissement initial en capital, ni un coût élevé d'apprentissage de nouvelles techniques, avec de plus une observation immédiate de l'impact positif sur la productivité.

3). Des gains considérables sont obtenus sur les coûts de main d'œuvre dès l'année suivante (préparation de la parcelle sans labour et forte réduction des temps de désherbage grâce à la forte biomasse qui contrôle les adventices).

4). Une limitation du risque de perte totale de la récolte est possible grâce à l'association de deux cultures, ce qui est particulièrement intéressant dans les zones où des attaques de criquets peuvent arriver, la légumineuse assurant une production.

2.5. Contraintes des associations culturelles

Les contraintes de ces associations sont relativement faibles mais quelques-unes sont citées ci-dessous:

1. Le traitement insecticide est indispensable sur la légumineuse pour obtenir une production de grains. Cependant on peut s'en passer si on cultive la légumineuse uniquement pour la biomasse ;

2. Il est nécessaire de bien maîtriser l'itinéraire technique pour éviter la compétition entre les deux plantes, en particulier durant les premiers mois de culture. Cela permet d'éviter le risque d'étouffement de la céréale par la légumineuse volubile, si elle n'est pas maîtrisée ou si la céréale se développe mal et le risque de faible développement de la légumineuse, si elle est trop rapidement dominée par la céréale, etc. ;

3. Lorsque plusieurs espèces sont cultivées simultanément sur la même parcelle, elles entretiennent fréquemment des relations de concurrence ou de complémentarité pour l'accès aux facteurs du milieu comme l'eau, la lumière et les éléments minéraux. Les associations les plus intéressantes sur le plan agronomique sont celles qui, au niveau de l'espèce aérien et de l'espèce souterrain, valorisent des complémentarités et limitent les concurrences entre les espèces (Memento de l'agronome, 2002);

4. Le temps de travail est important pour la récolte de la légumineuse (en particulier pour *Vigna umbellata* si on le récolte gousse par gousse) et pour celle de la céréale si la légumineuse s'est fortement développée et rend difficile l'accès aux épis. En effet, l'insertion du niébé et du mucuna en association induit des coûts supplémentaires, ce qui se traduit par une augmentation significative des charges brutes au niveau des cultures associées comparativement aux cultures pures (Coulibaly, 2012) ;

5. La décomposition relativement rapide d'une partie importante de la biomasse (la légumineuse), surtout en climat chaud et humide, peut conduire à une maîtrise limitée des adventices dans la culture suivante si celle-ci ne couvre pas rapidement le sol.

2.6. Intensification des systèmes de production

Selon Zoundi *et al.* (2006), la nécessité d'intensifier les systèmes de production dans la région du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest est devenue incontournable. En effet, cette région connaît une croissance démographique rapide, une stagnation de la production rurale et l'insécurité alimentaire, accompagnée d'une forte dégradation des ressources naturelles. Chaque année qui passe, il devient de plus en plus difficile de satisfaire les besoins et de répondre aux aspirations des populations. Ils étayent ceci par les données de certains auteurs (Bremner et Sissoko, 1998) et concluent que cette intensification devrait s'inscrire dans le contexte global de la durabilité des systèmes de production avec la perception que ceci est une œuvre de longue haleine. En effet, la surexploitation des agro écosystèmes fait que l'intensification des cultures et de l'élevage est la solution la mieux indiquée pour, d'une part augmenter la production et d'autre part, améliorer la durabilité de la production. L'agriculture et l'élevage qui, il y a peu, cohabitaient généralement de manière temporaire avec une faible concurrence pour l'utilisation des ressources, évoluent vers des systèmes où ces deux activités doivent cohabiter souvent de manière permanente, au sein de systèmes d'exploitation mixtes et sur des espaces restreints. Ainsi l'association céréales/niébé en culture intercalaire comme solution à l'intégration entre l'agriculture et l'élevage doit être pris en compte. Compte tenu

du caractère stratégique du niébé dans l'alimentation et le revenu des ménages (des zones agricoles), l'intensification de la production du niébé est vitale pour la croissance économique et l'atténuation de la pauvreté. Il s'agit donc d'une option stratégique pour la réalisation d'une sécurité alimentaire durable.

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est située à l'Est de Bobo-Dioulasso dans la commune de Koumbia, province du Tuy. Les travaux se sont déroulés dans les villages de Koumbia et Gombêlédougou. Au regard des caractéristiques biophysiques et socio-économiques, ces deux villages sont représentatifs de la zone d'étude.

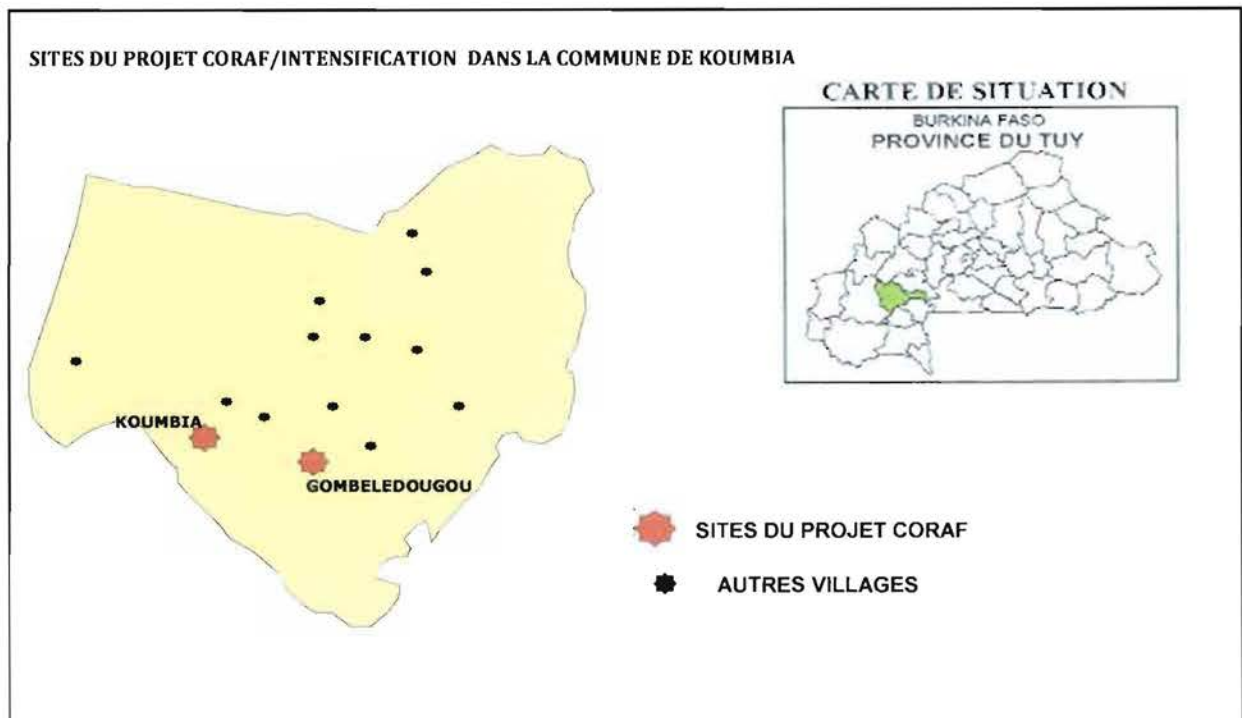


Figure 1 : Localisation des sites d'étude sur la carte du Burkina Faso

1.1. Présentation des villages

1.1.1. Village de Koumbia

Situé sur la route nationale N°1 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) est une commune rurale de la Province du Tuy. La commune a une superficie estimée à 9700 ha. Avec un effectif estimé à 9297 habitants (INSD, 2007), la population de Koumbia se compose essentiellement de Bwaba (autochtones), de Mossi et de Peulh (Blanchard, 2005). Cependant ces dernières années, cette population a connu une forte immigration. C'est ainsi qu'on retrouve en plus des Mossis (plus nombreux) et des Peulhs, des Dagaris, des Dafings et des Samos, tous à la recherche de terres cultivables.

L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités économiques. Les principales spéculations sont le coton, le maïs et le sorgho, et en second plan, le mil, le riz pluvial et le niébé. Les terres cultivées constituent environ 35% du territoire de Koumbia. L'élevage est de type extensif avec pour principales espèces, les bovins, les ovins, les caprins et la volaille. L'élevage bovin est une activité pratiquée par les Peulhs et les mossis qui possèdent l'essentiel du cheptel villageois. La densité du bétail est de 45 UBT/ km² (Vall, 2009).

Dans les années 80, Koumbia était un carrefour réputé pour son marché. De nos jours, la route bitumée (RN1) qui traverse le village, facilite son accessibilité et favorise les échanges économiques avec les marchés de Bobo-Dioulasso et de Ouagadougou (Semporé, 2008).

1.1.2. Village de Gombêlédougou

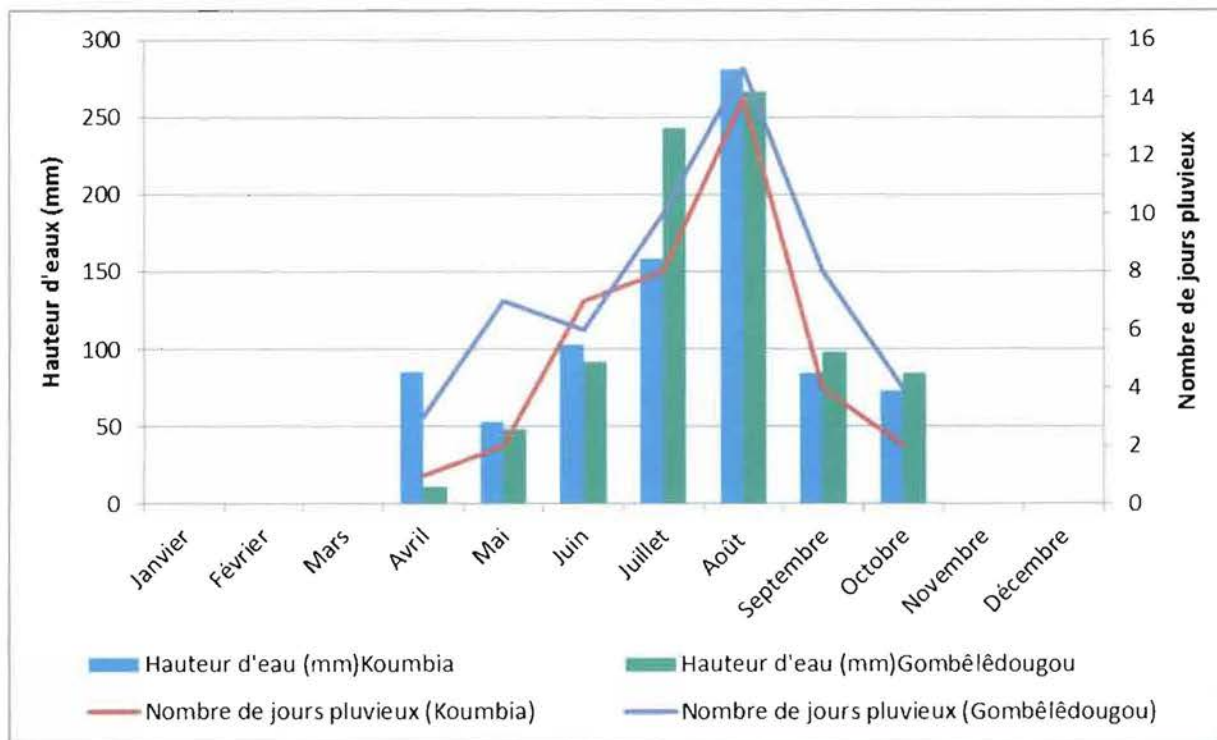
Le village de Gombêlédougou se trouve à 85 km à l'Est de Bobo-Dioulasso, sur l'axe routier Koumbia-Diébourgou. Le village de Gombêlédougou compte 2935 habitants (INSD, 2006). Comme à l'image de Koumbia, la population peut être classée en deux catégories suivant leurs origines : les autochtones, Bwaba (13%) et les migrants plus nombreux (87%). Ces migrants se composent des mêmes familles migrantes qu'à Koumbia dont les Mossis (83%), les Peulhs et les Dafings (4%). A Gombêlédougou également, l'agriculture et l'élevage sont les principales activités économiques. Les spéculations cultivées sont les mêmes que celles cultivées à Koumbia. La persistance de la sécheresse dans le Nord du pays a engendré une affluence importante d'éleveurs sur le terroir de Gombêlédougou. Leur arrivée et celle des migrants Mossi a rendu l'élevage prospère avec des espèces telles que les bovins, les ovins et la volaille.

1.2. Caractéristiques physiques des villages

1.2.1. Climat

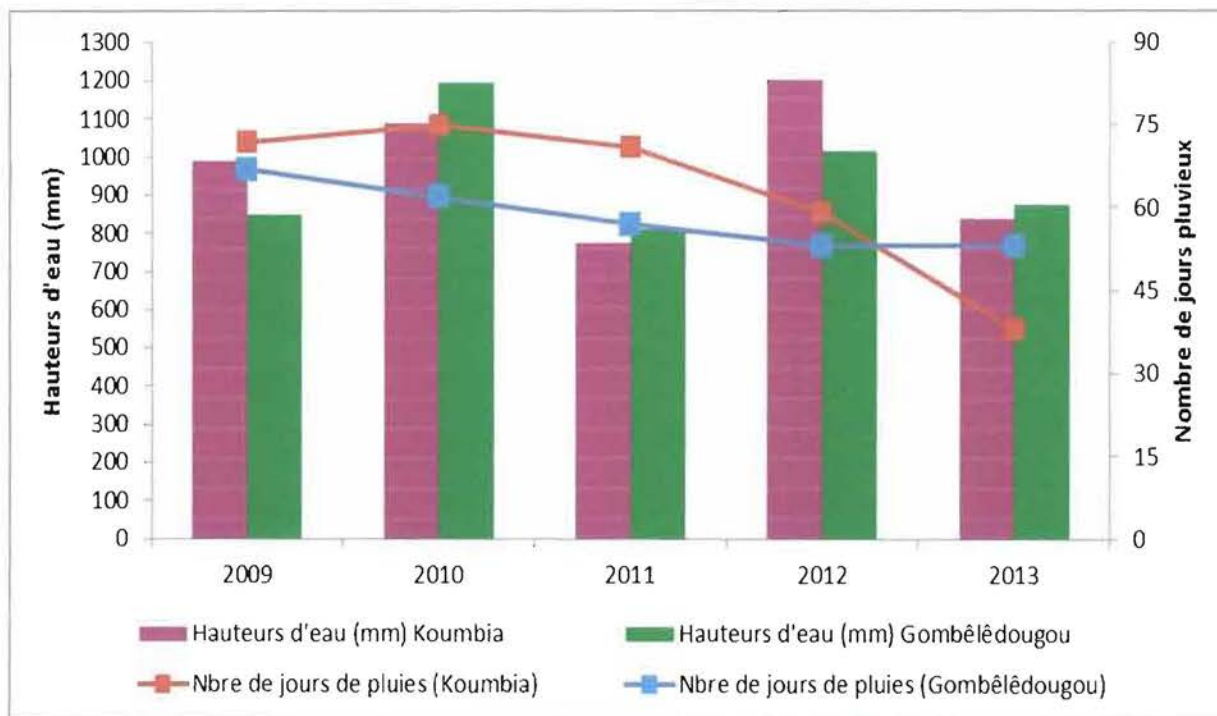
Les villages de Koumbia et Gombêlédougou se caractérisent par un régime pluviométrique monomodal avec une saison pluvieuse de mai à octobre et une saison sèche allant de novembre à avril. Le climat de type soudanien est caractérisé par une moyenne pluviométrique annuelle variant de 800 à 1100 mm. Les mois de juillet et août sont généralement les plus pluvieux (Figure 2).

La figure 3 donne la répartition des pluies et le nombre moyen de jours de pluie des cinq (5) dernières années.



Source : Agents de suivi des villages de Koumbia et Gombêlédougou (2013)

Figure 2 : Pluviosité moyenne et nombre de jours de pluie de l'année 2013 des deux villages (Koumbia et Gombêlédougou)



Source : Agents de suivi des villages de Koumbia et Gombêlédougou (2009-2013)

Figure 3 : Pluviosité moyenne des 5 dernières années dans les villages de Koumbia et Gombêlédougou

1.2.2. Sols

Plusieurs types de sols sont rencontrés à Koumbia ainsi qu'à Gombêlédougou. Une partie du territoire de Koumbia (20 %) est occupée par les cuirasses ferrugineuses et des affleurements de roches (sols non cultivables). Les terres cultivables sont représentées par les sols ferrugineux riches en dioxyde de fer (30 % du territoire), les sols bruns eutrophes riches en éléments alcalins (15 % du territoire), les sols hydromorphes occupant les vallées des cours d'eau (DREP-Ouest Burkina Faso, 2001).

A Gombêlédougou, les sols sont peu évolués et moyennement profonds : 40 à 100 cm (ORSTOM, 1978). Généralement constitués d'argile, de sable et de gravillons, ils présentent parfois des lithosols sur crêtes. Les sols les plus fertiles se rencontrent dans les bas-fonds et les zones rupicoles.

1.2.3. Hydrologie

Le réseau hydrographique des 2 villages est constitué de plusieurs cours d'eau temporaires. Selon Blanchard (2005), les deux principaux cours d'eau de Koumbia sont le Saramboué qui marque la frontière entre le village et la forêt classée de la Mou et Djouanhonti qui draine la partie Nord-Est du village.

Ceux de Gombêlédougou se rejoignent en deux (2) branches principales pour se jeter dans le Bougouriba au Sud. La branche Est crée une mare appelée « Gbwèkan » qui est le plus important point d'abreuvement des troupeaux du village.

1.2.4. Relief et végétation

La végétation de Koumbia se compose de savanes arbustives et arborées le long des cours d'eau. Le centre du territoire, encastré entre deux collines est occupé par l'espace agricole avec les champs mis en culture et les jachères. La forêt classée de la Mou présente par endroits des forêts denses à *Cola cordifolia* et *Terminalia laxiflora* et des forêts claires à *Gardeniae rubencens* et *Daniella oliveri* (Blanchard, 2005). Elle matérialise la limite du territoire au Sud.

Les principales espèces végétales rencontrées sont : le karitier (*Vitellaria paradoxa*), le détarium (*Detarium senegalense*), le raisinier (*Lannea acida*), le néré (*Parkia biglobosa*), le tamarinier (*Tamarindus indica*) et le jujubier (*Zizyphus jujuba*).

Le terroir de Gombêlêdougou s'étend entre les forêts classées de la Mou au Nord-Ouest et de la Kapo au Sud. Il présente un relief relativement accidenté devenant plus monotone par endroit, notamment dans sa partie Est. Son point culminant atteint 319 m d'altitude. La végétation y est moins importante qu'à Koumbia.

II. MATERIEL

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude était composé de la variété SR21 pour le maïs (*Zea mays* L.) et de deux variétés de niébé (*Vigna unguiculata*, L. Walp), K VX771 et K VX396-4-5-2D. 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. Le maïs est la culture principale céréalière dans la zone cotonnière, en plus il a été recommandé comme plante de rotation du cotonnier. 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).

2.2. Engrais minéraux et herbicide

Les engrais utilisés sont le NPK (15-15-15) et l'Urée (46% N). Le NPK a été apporté entre 15-20 JAS à la dose de 150 kg/ha et l'urée 40-50 JAS à la dose de 50 kg/ha, selon les producteurs. Les différents apports ont été faits à la volée.

L'herbicide total, couramment appelé Round up ou Glyphosate (C₂H₈NO₅P), a été appliqué à la dose de 1 l/ha. Son action consiste à tuer tous les adventices émergés.

III. METHODES

3.1.Choix des producteurs

Les essais ont été mis en place par trente-six (36) producteurs volontaires, soit dix-huit (18) à Koumbia et dix-huit (18) à Gombêlédougou. Une rencontre a été initiée dans chaque Comité de Concertation Villageois pour présenter et discuter avec l'ensemble des producteurs des protocoles et les itinéraires techniques cultureux (ITC) des expérimentations. Au cours de cette rencontre, les modalités organisationnelles des expérimentations ont été définies entre l'équipe de recherche, le dit comité et les producteurs. Un cahier de charges indiquant les engagements de chaque partie a été consigné. Sur cette base, le bureau exécutif du comité a identifié les producteurs volontaires pour la conduite des expérimentations. Ainsi, le comité a retenu les producteurs en charge de la conduite des essais sur la base de leur disponibilité pour les anciens producteurs qui travaillaient déjà avec le projet. Pour ce qui est des producteurs qui n'avaient pas encore travaillé avec le projet, en plus de leur disponibilité il leur fallait posséder une parcelle d'au moins 0,50 ha.

Les producteur-expérimentateurs ont été appuyés par les agents de suivi et l'équipe de recherche pour la délimitation des parcelles et le suivi de l'itinéraire technique exigé par le protocole.

3.2.Dispositif expérimental

Au niveau de chaque producteur, le dispositif expérimental était constitué d'une parcelle de 0,5 ha (100 m x 50 m), subdivisée en 4 parcelles élémentaires de 1 250 m² (25 m x 50 m) chacune. Chaque producteur représente une répétition avec 4 traitements (Figure 4). Ainsi, T0 correspondait au maïs en culture pure, T1 correspondait au maïs en association avec le niébé de variété K VX771 semé 15 JAS sur la même ligne que le maïs. T2 était l'association du maïs avec le niébé de variété K VX771 semé 15 JAS sur la même ligne que le maïs mais avec une densité de semis qui est la moitié que celle de T1. Quant à T3, il représentait l'association du maïs avec le niébé de variété K VX396-4-5-2D semé 30 JAS sur la même ligne que le maïs.

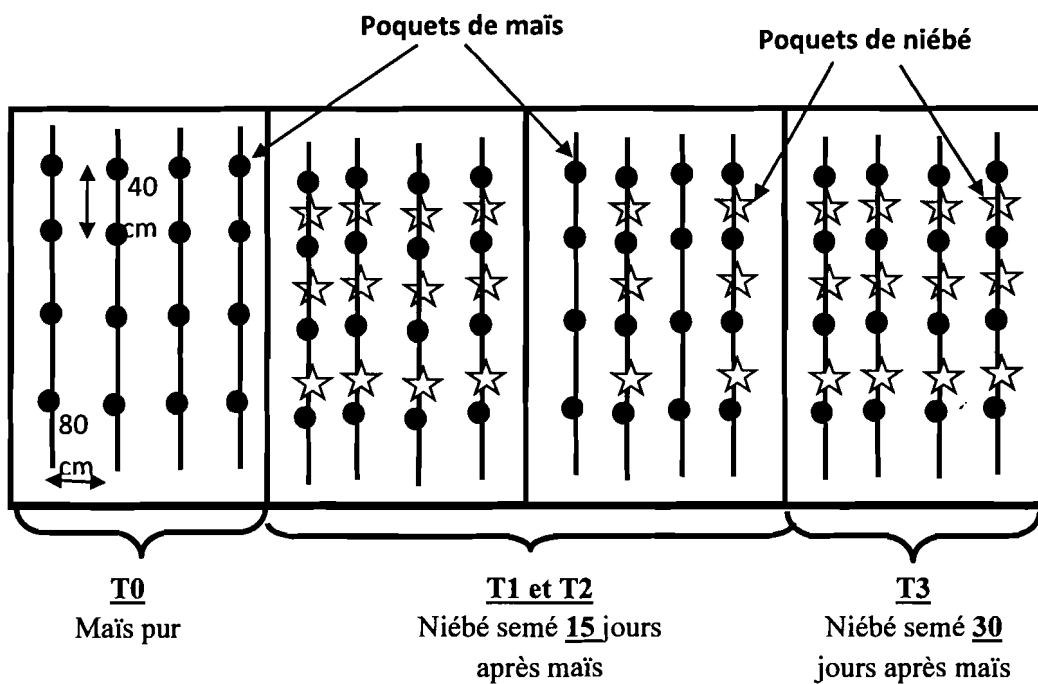


Figure 4 : Schéma de l'essai

3.3. Conduite des essais

L'itinéraire technique a été imposé aux producteurs-expérimentateurs. Chaque producteur devait appliquer l'herbicide total (Glyphosate) sur toutes les parcelles élémentaires à la dose de 1 l/ha et labourer les parcelles dès les premières pluies utiles. Le maïs SR21 est semé sur toutes les parcelles aux écartements de 80 cm en interligne et 40 cm entre les poquets, soit une densité de 62 500 pieds/ha. La variété K VX771 est semée 15 jours après le semis du maïs pour les traitements T1 et T2 et la variété K VX396-4-5-2D semée 30 jours après le semis du maïs pour le traitement T3, le traitement T0 étant du maïs pur. La densité de semis du niébé pour le traitement T2 est de 31 250 pieds/ha et celle du niébé des traitements T1 et T3 est de 62 500 pieds/ha chacun. Le sarclage est effectué 15 à 20 jours après semis du maïs, suivi ou non d'un désherbage manuel. Le complexe NPK (15-15-15) et l'urée (46%) sont apportés à la volée sur tous les traitements, respectivement 15 jours et 35 jours après semis du maïs. Selon le producteur, l'itinéraire technique a été plus ou moins bien suivi.

3.4. Collecte des données

Elle s'est basée sur des enquêtes auprès des producteurs et aussi par des mesures de la densité, de l'enherbement et des rendements du maïs et du niébé :

➤ Le suivi des essais dans chacun des 2 villages a été fait à travers des enquêtes auprès des producteurs. La fiche de suivi de l'itinéraire technique (Annexe 1) a permis l'enregistrement des données relatives aux dates des opérations culturales, l'installation des cultures et l'application des engrais, les temps de travaux, les charges et le nombre d'actifs. Les caractéristiques des parcelles tels que l'âge de mise en culture, le type de sol et les précédents culturels ont également été obtenues par enquêtes.

➤ La fiche de relevé des observations a servi à l'enregistrement des données tels que l'enherbement et la densité des cultures, obtenues par mesures (Annexe 2). 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. Ces placettes disposées diagonalement, sont au nombre de trois (3) par traitement.

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

Tableau 2 : Echelle de notation de l'enherbement

Note	p.100	Recouvrement
1	1	espèce présente, mais rare
2	7	moins d'un individu / m ²
3	15	au moins un individu / m ²
4	30	30 % de recouvrement
5	50	50 % de recouvrement
6	70	70 % de recouvrement
7	85	recouvrement assez fort
8	93	très peu de sol apparent
9	100	recouvrement total

Source : Fiche technique CIRAD-CA/GEC/AMATROP (2012)

➤ Les rendements (grain et fourrage) du maïs et du niébé ont été mesurés à partir de 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). Pour les tiges de maïs, un échantillon de 6 pieds par traitement (soit 2 pieds par placette) a été constitué. Concernant les fanes de niébé, un échantillon de 6 pieds par traitement (soit 2 pieds par placette) a également été constitué. Les épis de maïs et les gousses de niébé ont été récoltés après la collecte des échantillons dans les carrés de rendements..

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 mis à sécher pendant 15 jours sur l'aire de séchage au CIRDES. Toutes les données relatives aux poids frais et sec des rendements ont été enregistrées dans la fiche de collecte des données pour le calcul des rendements (Annexe 3). Les rendements (grain et fourrage) ont été obtenus à partir de formules rédigées suivant les formules de 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 ; **PfE**= Poids frais des épis ; **PesE**= Poids frais de l'échantillon d'épis ; **Pees**= Poids sec de l'échantillon après mise à l'étuve ; **Peef**= 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 ; **PsG**= Poids sec graines ; **Pees**= Poids sec de l'échantillon après mise à l'étuve ; **Peef**= Poids frais de l'échantillon avant mise à l'étuve.

Le nombre de personnes par heure (en hj), pour les opérations culturales a été calculé à partir de la formule :

$$Temps\ de\ travail/ha(hj) = \left(\frac{10000}{12} m^2 \right) \times \left[\frac{NP \times Tm(h)}{7h} \right]$$

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

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

3.5. Variables économiques calculées

Le produit brut, le coût total des travaux, la charge brute et la marge brute sont les différentes valeurs qui ont été calculées. Cette dernière variable a permis de comparer les richesses produites par chaque traitement. La marge brute a été obtenue 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 kg de maïs-grain sur le marché est de 125 FCFA et celui du niébé-grain, vendu à 250 FCFA. Quant au prix des résidus de culture, il est de 25 FCFA/kg pour la paille de maïs et 165 FCFA/kg pour la fane de niébé. Ces différents prix ont été obtenus sur la base des prix moyens des différents marchés locaux, par enquête auprès des producteurs de la commune de Koumbia.

La charge brute est l'ensemble des dépenses des intrants (semences, engrais, et herbicides) et du coût total du travail (obtenu par le produit entre les temps mis (hj) et le prix de la main d'œuvre, à 750 FCFA/hj).

3.6. Analyse des données

Le logiciel EXCEL a été utilisé pour la saisie des données sur l'itinéraire technique et la récolte. Le logiciel XLSTAT (2013) a été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA) des différentes données agronomiques et économiques et le test de Newman et Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de probabilité de 5%. Deux démarches ont été effectuées : la première est l'ANOVA de toutes les données agronomiques et économiques des 36 producteurs. La deuxième a consisté à l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des données, permettant d'obtenir des classes de producteurs en fonction de la conduite de l'essai et des performances agronomiques et économiques obtenues. Pour l'ACP, les variables liées à l'itinéraire technique et aux rendements ont été retenues comme des variables actives. Les variables liées au nombre d'actifs et les variables économiques ont été considérées comme des variables supplémentaires.

Chapitre III : Résultats et discussion

I. RESULTATS

1.1. Effet de la densité et de la date de semis du niébé sur les performances agronomiques et économiques de l'association maïs/niébé

Les analyses de variance réalisées sur l'ensemble des données des 36 producteurs, montrent qu'il n'y a pas de différence significative ($p>0,05$) entre les 4 traitements (Tableau 3). Toutefois, on note que les traitements T0 et T3 ont tendance à enregistrer les meilleurs rendements en maïs par rapport aux 2 autres traitements (T1 et T2). Au plan économique, c'est le traitement T2 ($150\ 090 \pm 30\ 074$ FCFA/ha) qui a tendance à enregistrer une marge brute plus importante comparativement aux traitements T0 ($141\ 214 \pm 33\ 724$ FCFA/ha), T1 ($138\ 064 \pm 21\ 891$ FCFA/ha) et T3 ($129\ 064 \pm 13\ 400$ FCFA/ha).

La figure 5 montre qu'il y a une différence significative au seuil de 5%, entre les rendements de niébé des traitements T1, T2 et T3. Le traitement T1 a obtenu les rendements les plus élevés soit $110,638 \pm 11,27$ kg/ha en grain de niébé et $115,206 \pm 9,52$ kg/ha en fane de niébé comparativement aux traitements T2 ($57,72 \pm 3,82$ kg/ha et $53,463 \pm 1,28$ kg/ha respectivement en grain et en fane de niébé) et T3 ($2,490 \pm 0,415$ kg/ha et $32,603 \pm 4,022$ kg/ha respectivement en grain et en fane de niébé). Les résultats sur les densités du niébé indiquent une différence significative ($p<0,05$) entre les traitements T1 ($30\ 630 \pm 6\ 284$ pieds/ha), T2 ($16\ 216 \pm 1\ 510$ pieds/ha) et T3 ($25\ 000 \pm 972$ pieds/ha) (Tableau 3).

Concernant les temps de travaux, la différence n'est pas significative ($p>0,05$) entre les traitements. Le traitement T1 a enregistré le temps de travail le plus élevé ($34,15 \pm 0,02$ hj/ha), suivi par le traitement T3 ($33,97 \pm 0,15$ hj/ha) comparativement aux deux autres traitements T0 et T2.

Tableau 3 : Comparaison des moyennes des variables agronomiques et économiques des 4 traitements T0, T1, T2 et T3 (n=36).

	T0	T1	T2	T3	F	Pr>F	Significatif
Temps travail (hj/ha)	28,4 ^a ± 0,122	34,15 ^a ± 0,02	31,8 ^a ± 0,13	33,97 ^a ± 0,15	0,535	0,659	Non
Rendement grain-maïs (kg/ha)	1992,75 ^a ± 286,12	1826,2 ^a ± 180,51	1989,7 ^a ± 250,12	1994,2 ^a ± 130,17	0,190	0,903	Non
Rendement tiges (kg/ha)	2271,24 ^a ± 100,52	2241,61 ^a ± 129,04	2289,98 ^a ± 58,27	2303,62 ^a ± 44,31	0,030	0,993	Non
Rendement fourrage (kg/ha)	2271,24 ^a ± 100,52	2356,82 ^a ± 138,56	2343,45 ^a ± 56,97	2336,23 ^a ± 40,3	0,060	0,981	Non
Charge brute (FCFA/ha)	119235 ^a ± 2544	134839 ^a ± 2368	127180 ^a ± 2373	133983 ^a ± 2954	2,364	0,074	Non
Produit brut (FCFA/ha)	308863 ^a ± 171925	334125 ^a ± 166998	332320 ^a ± 163176	315955 ^a ± 152054	0,101	0,959	Non
Marge brute (FCFA/ha)	189630 ^a ± 175013	199288 ^a ± 169741	205142 ^a ± 224469	181964 ^a ± 155116	0,116	0,951	Non

T0= Traitement maïs en culture pure ; **T1**= Traitement 1(V1L1) ; **T2**= Traitement 2 (V1L2) ; **T3**= Traitement 3 (V2L1).

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

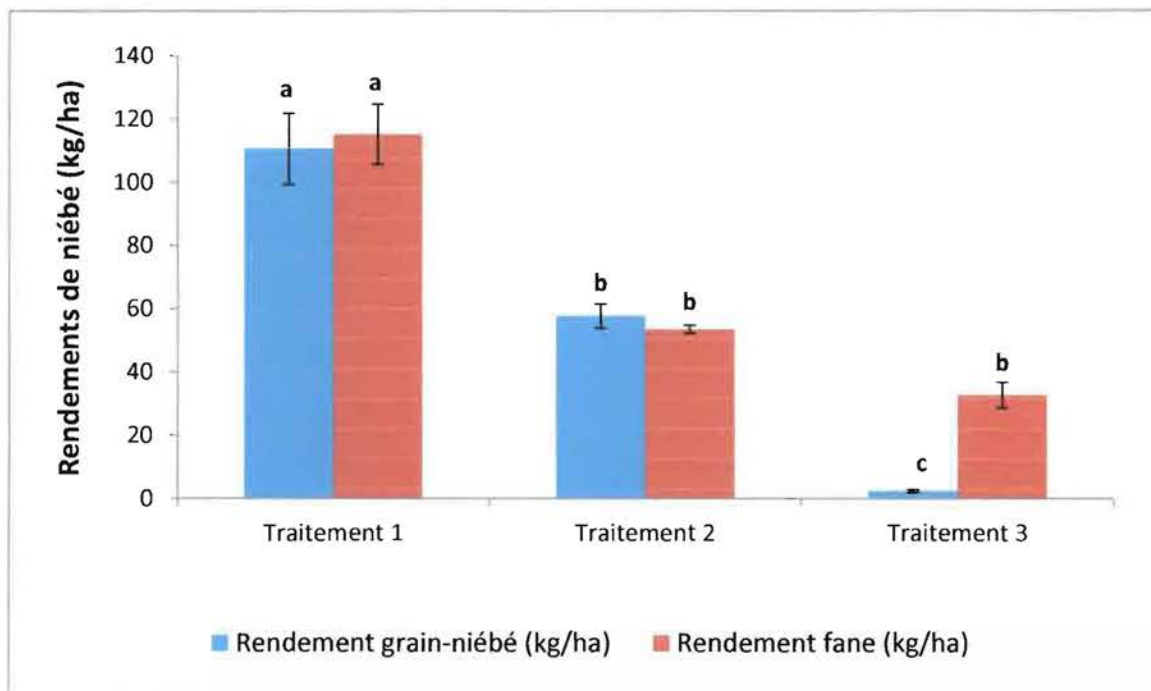


Figure 5 : Rendements grain et fane de niébé des 3 traitements T1, T2 et T3

1.2. Effets de la diversité des pratiques de production sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées maïs/niébé

1.2.1. Analyse de la diversité des pratiques de production des cultures associées maïs-niébé

La CAH des producteurs, réalisée à partir du tableau des coordonnées des observations sur les axes factoriels (Annexe 4), a permis de définir 4 classes de producteurs (C1, C2, C3 et C4). La C1 regroupe 24 producteurs, les classes C2 et C3 ont chacune le même nombre de producteurs (5) et la C4 comporte 2 producteurs.

Les résultats de la CAH (Tableau 4) montrent que la classe C2 se distingue par de meilleurs rendements en grain de niébé (72,45 kg/ha) et en fane de niébé (104,11 kg/ha) grâce à une densité élevée de niébé (27 386 pieds/ha) et un semis précoce du niébé après le semis du maïs soit 22 jours d'écart. Elle se caractérise également par un plus grand temps de travail (63,3 hj/ha) par rapport à celui des autres classes et un grand pourcentage d'enherbement (28%) à 50-60 jours après semis du maïs. Cette classe possède un faible rendement en grain de maïs (1 891 kg/ha), mais le rendement en tige de maïs (2 435,87 kg/ha) et le rendement en fourrage (2 513,95 kg/ha) sont plus élevés par rapport à ceux des autres classes. L'arrière effet des parcelles de cette classe C2 est faible (0,86). Le NPK a été apporté précocement (15 jours après le semis du maïs) mais le sarclage a été effectué tardivement à 37 jours après semis du maïs. Toutefois la classe C2 a obtenu la plus faible marge brute (156 879 FCFA/ha) dû à une importante charge brute (170 200 FCFA/ha).

La classe C4 possède une densité élevée de maïs (64 729 pieds/ha) et une densité de niébé (27 403 pieds/ha) plus élevée que des autres classes. A 15-20 jours après semis du maïs, c'est cette classe C4 qui a obtenu le plus grand pourcentage d'enherbement (29%). A 50-60 jours après semis du maïs, elle présente le plus faible pourcentage d'enherbement (15,45%). Elle se distingue par de faibles rendements en grain de niébé (13,87 kg/ha) et en fane de niébé (39,87 kg/ha), dû à un semis tardif du niébé (32 jours après semis du maïs). Le rendement en grain est plus faible (1 807,67 kg/ha) mais le rendement en fourrage est assez élevé (2 367,45 kg/ha) par rapport à celui des classes C1 et C3. Les parcelles de cette classe ont un arrière effet élevé (1,42). Comme pour la classe C2, le sarclage a été effectué tardivement (36 jours après semis maïs), mais le NPK a été apporté tardivement (25,5 jours après semis du maïs).

La classe a obtenu le plus faible produit brut (296 413 FCFA/ha) par rapport aux autres classes.

Le rendement en grain de maïs de la classe C3 est plus élevé (1943,28 kg/ha) par rapport à celui des classes C2 et C4. Le rendement en fourrage (2 078 kg/ha) est plus bas par rapport à celui des autres classes. Elle est caractérisée par un apport tardif du NPK et de l'Urée (respectivement 28 jours et 49 jours après semis du maïs). Cette classe C3 a bénéficié d'un arrière effet plus élevé (1,53) et un faible temps de travail (24,4 hj/ha). La densité de maïs de la classe C3 est la plus faible (37 566 pieds/ha). A l'image de la classe C4, le niébé a été semé tardivement (28 jours d'écart) et le NPK a été apporté à 28 jours après semis du maïs. Elle se distingue par la plus faible charge brute (114 499,5 FCFA/ha) et une marge brute élevée (196 602 FCFA/ha).

La classe C1 se caractérise par un produit brut élevé (326 604 FCFA/ha), dû au plus grand rendement en grain de maïs (1 976,6 kg/ha) et aux rendements en grain de niébé (59,26 kg/ha) et en fane de niébé (66,45 kg/ha), par rapport à ceux des autres classes. Le niébé a été semé assez précocement (25 jours d'écart) et le NPK a été apporté à 17 jours après semis du maïs par rapport aux autres classes. Le temps de travail est bas (27 hj/ha) et le pourcentage d'enherbement à 15-20 jours après semis du maïs, est le plus faible (14,78%). Cette classe a un effet arrière de 1,11 et une densité de maïs assez élevée (50 579 pieds/ha). Elle a obtenu la plus grande marge brute (202 571 FCFA/ha) grâce à son produit brut et une faible charge brute (124 044 FCFA/ha).

Tableau 4 : Variation des paramètres agronomiques et économiques en fonction des classes

Classe	C1 (n=24)	C2 (n=5)	C3 (n=5)	C4 (n=2)	F	Pr>F	S
Précédant Cultural	1,11 ^{ab}	0,86 ^b	1,53 ^a	1,42 ^{ab}	2,875	0,038	Oui
Enherbement 15-20 JAS maïs	14,78 ^b	24,16 ^a	17,5 ^b	29 ^a	8,42	<0,0001	Oui
Enherbement 50-60 JAS maïs	23,2 ^a	28 ^a	21 ^a	15,45 ^a	1,005	0,393	Non
Densité maïs (pieds/ha)	50579 ^b	51733 ^b	37566 ^c	64729 ^a	12,749	<0,0001	Oui
Densité niébé (pieds/ha)	24040 ^a	27386 ^a	18682 ^a	27403 ^a	1,233	0,302	Non
Temps de Travail (hj/ha)	27 ^b	63,3 ^a	24,4 ^b	37,47 ^b	24,52	0,0001	Oui
Ecart Semis-Sarclage	32 ^a	37 ^a	33 ^a	36 ^a	1,098	0,352	Non
Ecart Semis maïs-niébé	25 ^a	22 ^a	28 ^a	32 ^a	1,102	0,352	Non
Ecart Semis maïs-NPK	17 ^c	15 ^d	28 ^a	25,5 ^b	154,359	<0,0001	Oui
Ecart Semis maïs-Urée	40 ^b	42 ^b	49 ^a	39 ^b	12,418	<0,0001	Oui
Rendement grain maïs (kg/ha)	1976,6 ^a	1891 ^a	1943,28 ^a	1807,67 ^a	0,062	0,98	Non
Rendement tige maïs (kg/ha)	2284,11 ^a	2435,87 ^a	2045 ^a	2367,45 ^a	0,77	0,512	Non
Rendement grain niébé (kg/ha)	59,26 ^a	72,45 ^a	47,59 ^a	13,87 ^a	0,971	0,409	Non
Rendement fane niébé (kg/ha)	66,45 ^a	104,11 ^a	44,04 ^a	39,87 ^a	1,526	0,212	Non
Rendement fourrages (kg/ha)	2333,94 ^a	2513,95 ^a	2078 ^a	2397,35 ^a	0,934	0,426	non
Charge Brute (FCFA/ha)	124044 ^b	170200 ^a	114499,5 ^b	118288 ^b	25,317	<0,0001	Oui
Produit Brut (FCFA/ha)	326604 ^a	327080 ^a	311156 ^a	296413 ^a	0,123	0,946	Non
Marge Brute (FCFA/ha)	202571 ^a	156879 ^a	196602 ^a	166480 ^a	0,491	0,689	Non

C1= Classe 1 ; C2 = Classe 2 ; C3= Classe 3 ; C4= Classe 4

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

1.2.2. Analyse des effets des traitements sur les temps de travaux en fonction des classes

Les résultats sur les temps de travaux (Figure 6), indiquent qu'il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les 4 traitements, quel que soit la classe. Dans la classe C2, les tendances montrent que c'est le traitement T1 qui a enregistré le plus grand temps de travail ($68,06 \pm 28,22$ hj/ha) suivi des traitements T2 et T3 qui ont chacun un temps de travail de 64 ± 39 hj/ha. Pour les classes C1 et C4, le traitement T3 a enregistré le temps de travail le plus élevé, respectivement ($28,66 \pm 10,52$ hj/ha) et ($45,36 \pm 17,50$ hj/ha). Pour la classe C3, c'est le traitement T1 qui a tendance à avoir un temps de travail élevé ($26,66 \pm 11,64$ hj/ha) par rapport aux autres traitements.

1.2.3. Analyse des effets des traitements sur les performances agronomiques en fonction des classes

Les résultats des densités de niébé montrent que la différence entre les traitements est non significative ($p > 0,05$) pour toutes les classes excepté la classe C1, pour laquelle la différence est significative ($p < 0,05$) entre le traitement T2 ($15\ 217 \pm 7\ 737$ pieds/ha) et les deux traitements T1 ($32\ 370 \pm 12\ 072$ pieds/ha) et T3 ($24\ 534 \pm 15\ 727$ pieds/ha) (Tableau 6).

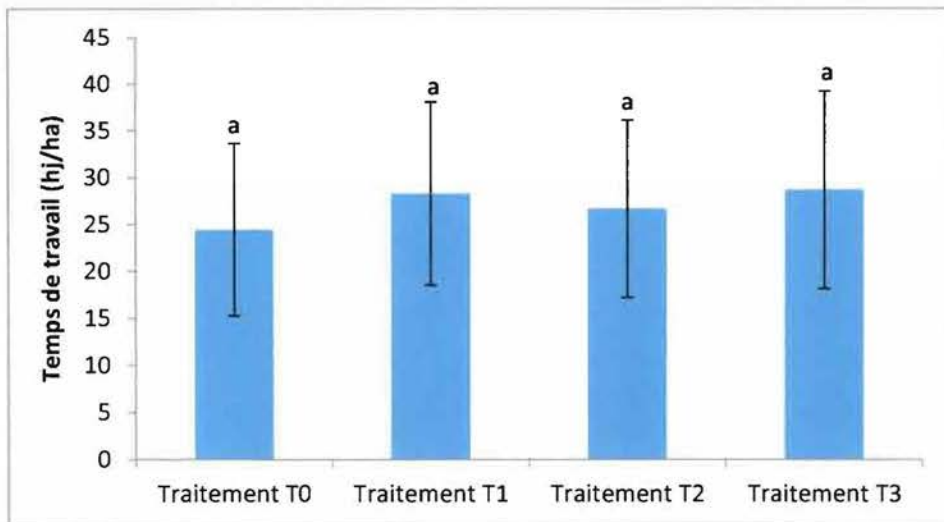
Pour les rendements en grain et en tige de maïs et les rendements en fourrage, les résultats indiquent une différence non significative ($p > 0,05$), entre les traitements pour toutes les classes. Pour la classe C2, c'est T0 ($2\ 070,92 \pm 1\ 018$ kg/ha) et T2 ($2\ 284,87 \pm 543$ kg/ha) qui ont tendance à enregistrer de grands rendements en grain de maïs par rapport aux traitements T1 ($1\ 704,71 \pm 433$ kg/ha) et T3 ($1\ 503,62 \pm 753$ kg/ha). La classe C3, contrairement aux classes C1 et C4, a obtenu un rendement élevé en grain de maïs, pour le traitement T1 ($2\ 082,79 \pm 433$ kg/ha) par rapport aux trois autres traitements. Au niveau de la classe C4, les rendements en grain et en tige de maïs sont faibles pour tous les traitements, excepté le traitement T3 qui a enregistré des rendements élevés ($2\ 635,27 \pm 18$ kg/ha de grain et $2\ 706,87 \pm 154,5$ kg/ha de tige). Egalement il est à noter que le rendement en fourrage (tige et fane cumulées) de T1 est élevé ($3\ 019,33 \pm 1\ 304$ kg/ha) par rapport à celui des 3 autres traitements de la classe C4. Pour la classe C2, c'est les trois traitements T0 ($2\ 704,85 \pm 865$ kg/ha), T1 ($2\ 702,36 \pm 833$ kg/ha) et T2 ($2\ 659,36 \pm 456$ kg/ha) qui ont tendance à enregistrer des rendements élevés en fourrage. Les 4 traitements de la classe C1 ont enregistré des rendements similaires en biomasse, avec T3 qui a tendance à enregistrer un rendement élevé

soit $2\,413,58 \pm 1\,041$ kg/ha. Au niveau de la classe C3, c'est le traitement T1 ($2\,207,56 \pm 833$ kg/ha) qui a tendance à enregistrer un rendement élevé en fourrage.

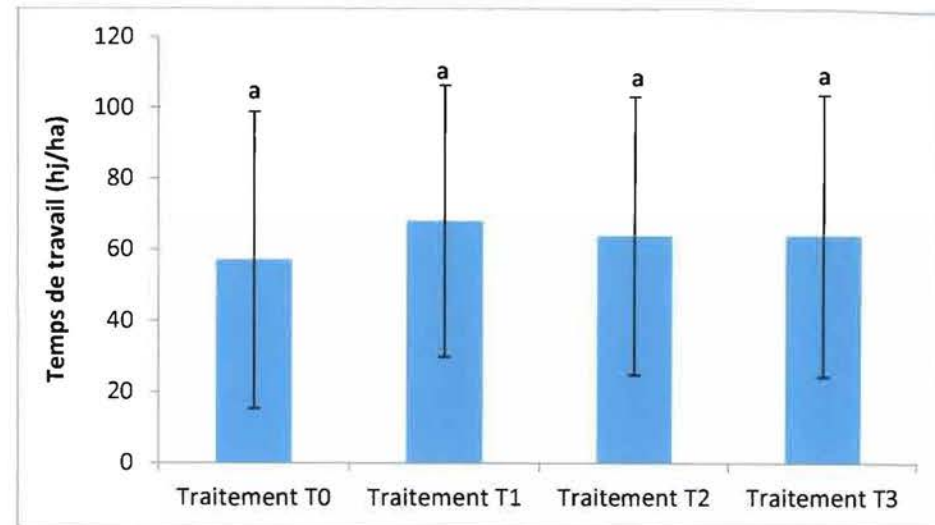
Pour les rendements en grain et en fane de niébé, les résultats des analyses des données montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les traitements T1, T2 et T3 de chacune des classes (Tableau 6). Les classes C1, C2, C3 et C4 ont obtenu chacune un rendement en grain de niébé élevé, pour le traitement T1, respectivement ($118,82 \pm 105$ kg/ha), ($123,48 \pm 45$ kg/ha), ($91,21 \pm 68$ kg/ha) et ($28,93 \pm 13$ kg/ha), par rapport aux autres traitements. On note que pour les classes C1, C2 et C3, c'est le traitement T1 qui a tendance à enregistrer le rendement en fane de niébé le plus élevé, soit ($123,41 \pm 138$ kg/ha) pour C1, ($157,26 \pm 78$ kg/ha) pour C2 et ($66,14 \pm 41$ kg/ha) pour C3. Pour la classe C4, c'est le traitement T2 ($44,42 \pm 37$ kg/ha) qui a enregistré un rendement élevé en fane de niébé, suivi du traitement T3 ($40,87 \pm 20,4$ kg/ha).

1.2.4. Analyse des effets des traitements sur les performances économiques en fonction des classes

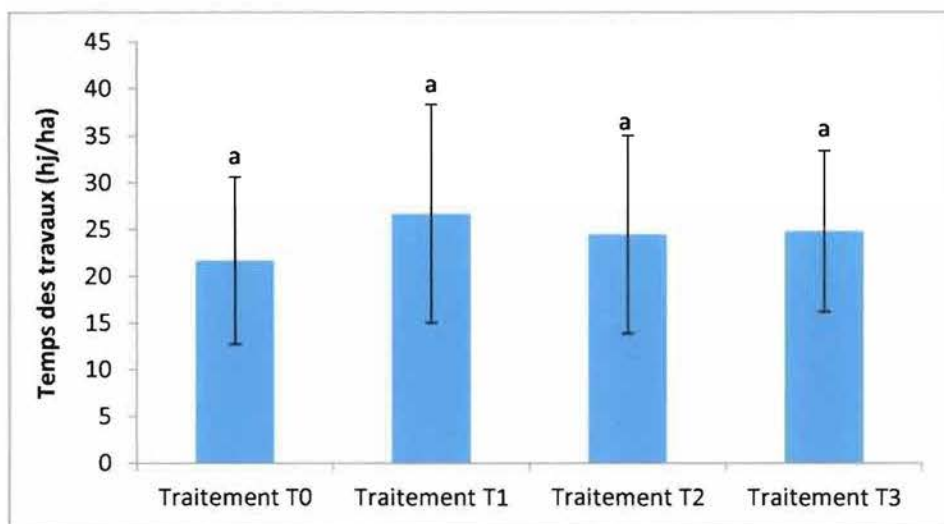
Les résultats économiques révèlent qu'il n'y a pas de différence significative ($p > 0,05$), entre les 4 traitements quelle que soit la classe. On note que pour chacune des 4 classes, les charges brutes des différents traitements sont statistiquement similaires, avec T1 qui a tendance à enregistrer la charge brute la plus élevée pour les classes C1 ($129\,842 \pm 20\,332,5$ FCFA/ha), C2 ($177\,877 \pm 36\,474$ FCFA/ha) et C3 ($120\,630 \pm 9\,296$ FCFA/ha) (Figures 7a, 7b et 7c). Pour la classe C4, c'est T3 qui a enregistré une charge brute élevée ($132\,630 \pm 24\,626$ FCFA/ha) (Figure 7d). Concernant les marges brutes, les 4 traitements de la classe C1 sont identiques. Les classes C1 et C2 ont obtenu la marge brute la plus élevée avec le traitement T2, respectivement ($210\,572 \pm 189\,334,5$ FCFA/ha) et ($225\,023 \pm 95\,613$ FCFA/ha). La Figure 7c montre que pour la classe C3, la marge brute la plus élevée est observée au niveau du traitement T1 ($229\,843 \pm 107\,195$ FCFA). Et pour la classe C4, c'est le traitement T3 ($274\,886 \pm 29\,834$ FCFA/ha) qui a tendance à enregistrer la plus élevée marge brute. Pour les produits bruts également, les traitements ne diffèrent pas entre eux d'une classe à l'autre. Les Figures 7b et 7d montrent que le produit brut le plus élevé s'observe au niveau du traitement T2 ($394\,659,5 \pm 70\,164$ FCFA/ha) de la classe C2 et du traitement T3 ($407\,517 \pm 5\,208$ FCFA/ha) de la classe C4. En outre, on note que les marges brutes ont évolué dans le même sens que les produits bruts obtenus par chaque traitement au niveau de chacune des classes.



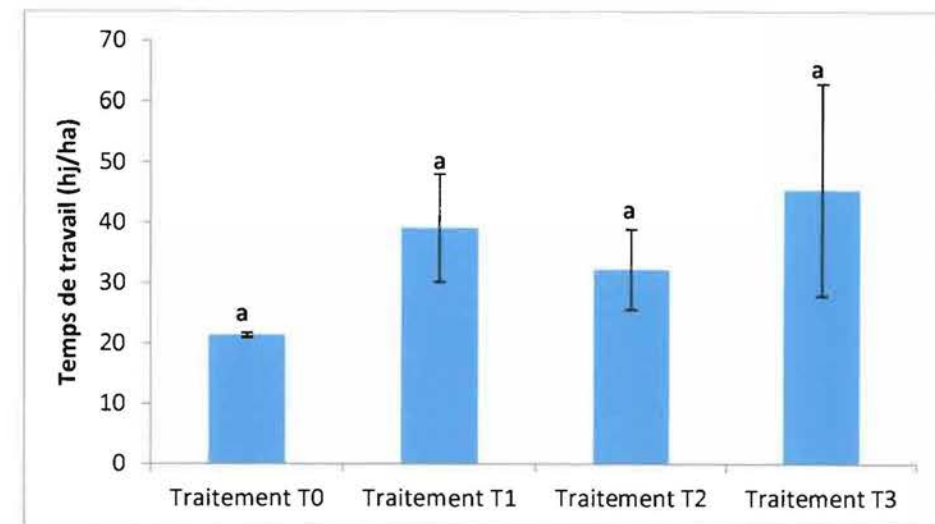
6a-Variation des temps de travaux des traitements de la classe C1



6b-Variation des temps de travaux des traitements de la classe C2



6c-Variation des temps de travaux des traitements de la classe C3



6d-Variation des temps de travaux des traitements de la classe C4

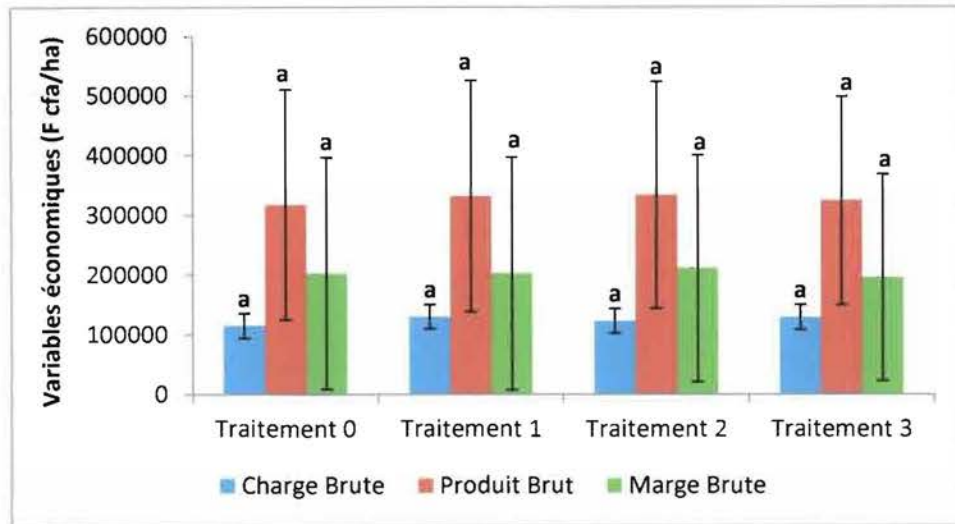
Figure 6 : Variation des temps de travaux des traitements en fonction des classes

Tableau 5 : Variation des rendements maïs et niébé des traitements en fonction des classes

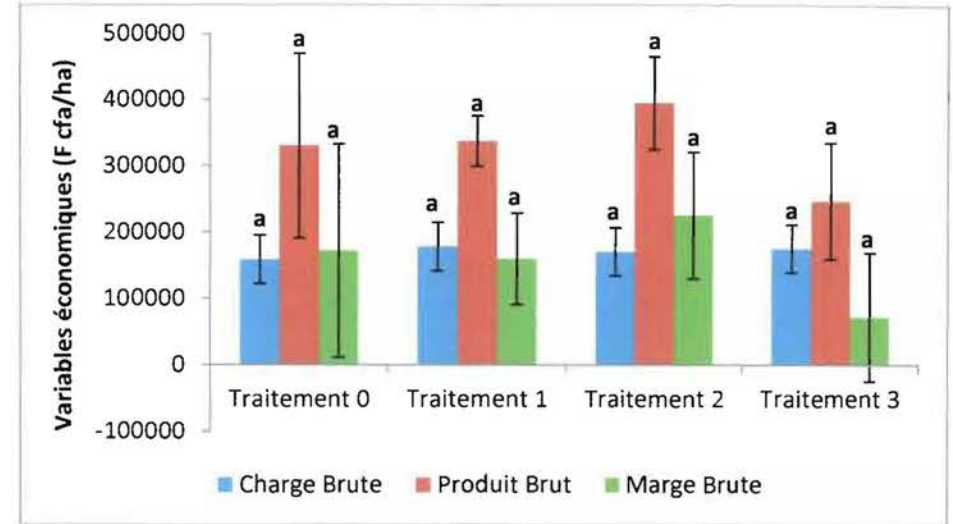
Classe		C1 (n=24)					
Traitement	T0	T1	T2	T3	F	Pr>F	S
Dté n (pieds/ha)	-	32370 ^a ±12072	15217 ^c ±7737	24534 ^b ±15727	11,233	<0,0001	Oui
Rdt g-m (kg/ha)	2059,18 ^a ±1374	1803,86 ^a ±1300	2000,16 ^a ±1274	2043,32 ^a ±1198	0,193	0,901	Non
Rdt t-m (kg/ha)	2278,42 ^a ±932	2131,31 ^a ±1046	2345,91 ^a ±948	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

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.

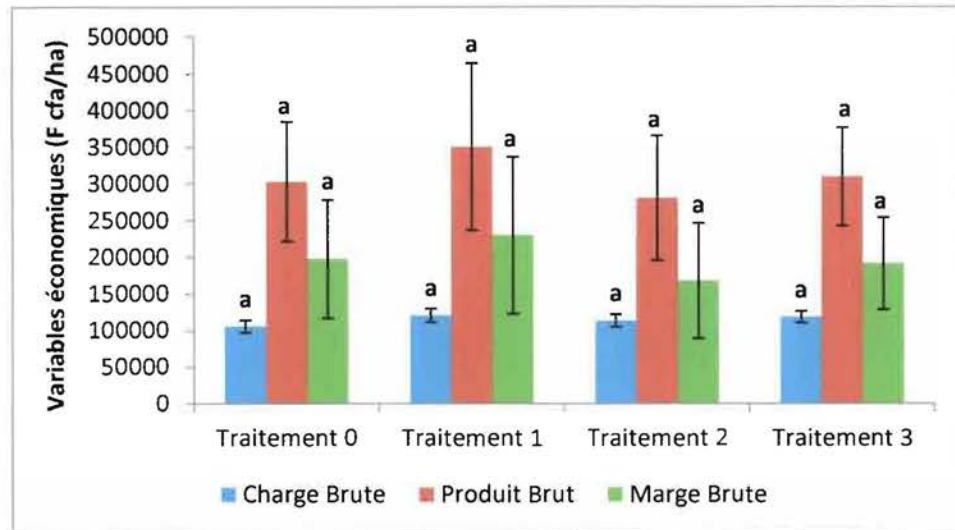
Les valeurs suivies d'une même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.



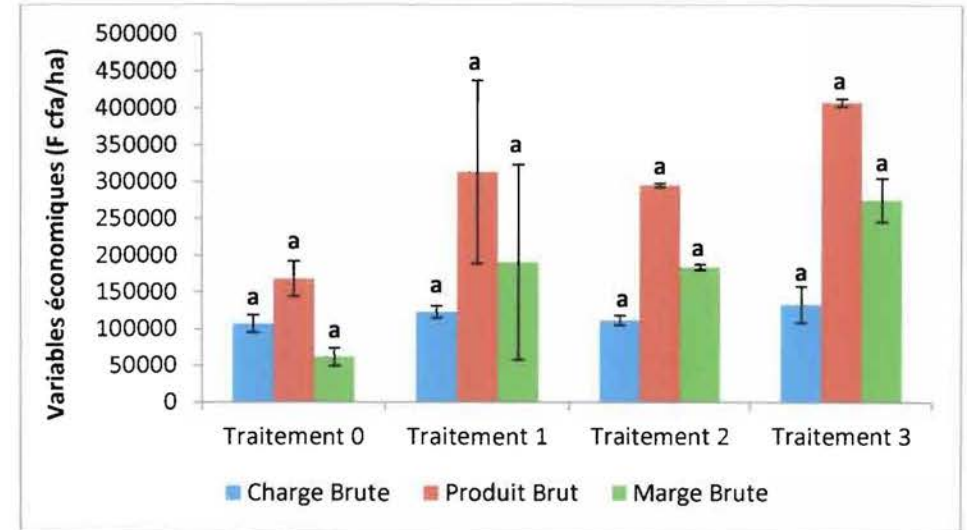
7a-Variation des paramètres économiques des traitements de la classe C1



7b-Variatin des paramètres économiques des traitements de la classe C2



7c-Variation des paramètres économiques des traitements de la classe C3



7d-Variation des paramètres économiques des traitements de la classe C4

Figure 7 : Variation des paramètres économiques des 4 traitements en fonction des classes

II. DISCUSSION

Les résultats sur les performances agronomiques et économiques des différents traitements exceptés les densités et les rendements de niébé des 36 producteurs n'ont pas été différents significativement ($P > 0,05$). On pourrait expliquer ces résultats par le fait que les essais ont été faits chez et par les producteurs, ne nous permettant pas de contrôler plusieurs facteurs notamment les variables de l'itinéraire technique (les dates de semis, les sarclages). En effet, en milieu réel, les paysans-expérimentateurs se distinguent les uns des autres suivant leurs objectifs, leurs stratégies, leurs capacités de travail, leurs contraintes, les caractéristiques de leurs parcelles, etc (Coulibaly, 2012). En fonction des conditions de conduite de l'itinéraire technique, les performances agronomiques et économiques sont différentes d'une parcelle à l'autre.

Le regroupement des producteurs en fonction du respect de l'itinéraire technique et du déroulement des opérations culturales a permis de mieux comparer les différents traitements. Les analyses multi-variées à travers l'ACP et la CAH ont montré que la densité de niébé et l'écart entre les dates de semis du maïs et du niébé sont des facteurs essentiels de variabilité entre les producteurs. En effet, les producteurs ayant semé de faibles densités de niébé (18 682 pieds/ha et 24 040 pieds/ha) ont obtenu des rendements élevés en grain de maïs par rapport aux producteurs ayant semé des densités élevées de niébé (27 386 pieds /ha et 27 403 pieds/ha). Concernant l'écart entre les dates de semis, les producteurs qui ont semé le niébé 22 jours après semis du maïs et 32 jours après semis du maïs, ont obtenu de faibles rendements en grain de maïs par rapport à ceux qui ont semé le niébé 25 jours et 28 jours après semis du maïs. Quatre (4) classes ont pu être différenciées. D'une classe à l'autre, les performances agronomiques et économiques ne sont pas différentes significativement ($p > 0,05$) mais il existe des tendances en chiffres à la baisse/hausse. Les résultats sur les rendements en grain de maïs et les marges brutes montrent que dans les conditions de productions des classes C1 et C3 (respectivement 1 976,6 kg/ha et 1 943,28 kg/ha en grain de maïs) et (202 571 FCFA et 196 602 FCFA de revenu), le maïs associé avec le niébé est rentable.

Concernant les paramètres agronomiques et économiques, les différences ne sont pas significatives entre les traitements pour chacune des classes. Quelle que soit la classe, les temps de travaux des parcelles d'association maïs/niébé ont été plus élevés que celui du maïs en culture pure. Cependant, nous avons noté que les temps de travaux des traitements de la

classe C2 sont supérieurs à ceux des traitements des autres classes. Le traitement T2 de cette classe C2 a réalisé les meilleures performances agronomiques et économiques avec un temps de travail élevé, contrairement aux autres traitements de la classe. Cela montre en partie que la bonne association maïs/niébé enregistre plus de temps de travaux.

Au niveau de la classe C1, l'association maïs + la 1^{ère} variété de niébé semé 15 jours après sur chaque 2^{ème} ligne de maïs (traitement T2) a une densité de niébé significativement plus faible ($p < 0,05$) que celles de l'association maïs + la 1^{ère} variété de niébé semé 15 jours après sur chaque ligne de maïs (traitements T1) et de l'association maïs + la 2^{ème} variété de niébé semé 30 jours après sur chaque ligne de maïs (traitement T3). Cette faible densité au niveau du T2 a été établie au début de l'étude dans le but de réduire la compétition entre le maïs et le niébé. En général, une forte densité de niébé associée au maïs influence négativement le rendement grain du maïs. Les résultats de Coulibaly *et al.* (2012a) sur les rendements montrent que l'association de la légumineuse au maïs entraîne une baisse de rendement en grain du maïs par rapport à sa culture pure, mais de façon non significative aux seuils de 5 et 10%.

Pour les classes C1 et C2, on note une baisse du rendement en maïs-grain du traitement T1 par rapport aux rendements des autres traitements. Cela peut être expliqué par l'effet dépressif du niébé sur le maïs. Il a été prouvé à travers les résultats de plusieurs auteurs que les légumineuses ont un effet négatif sur le rendement en grain du maïs si les densités ne sont pas contrôlées (Akedrin *et al.*, 2010 ; Garba *et al.*, 1991). Dans le cas de T1, le niébé peut largement influencer négativement comme positivement la culture du maïs (car semé après chaque poquet du maïs). Dans la classe C2 on observe également que le traitement T2 a obtenu le meilleur rendement en grain de maïs comparativement au traitement T1, avec une faible densité de niébé. Les résultats ont montré que le traitement T3 de la classe C4, a obtenu un rendement en grain de maïs plus élevé que celui des 3 autres traitements. On peut expliquer cela par le fait que le niébé n'a pas eu d'effet négatif sur le maïs qui était déjà bien développé entre 30-40 jours. Egalement la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par le niébé, a été bénéfique pour le maïs (Lawane *et al.*, 2009). Selon Ehouinssou (2004) qui a obtenu une bonne production de maïs pour le système de cultures en association, le système cultural appliqué qui a consisté à semer la légumineuse le même jour que le maïs ou au plus tard 20 jours après le maïs a pu réduire la compétition entre les cultures.

Concernant les rendements en fourrages, les travaux menés par Coulibaly *et al.* (2012d), a montré que les 2 types de cultures associées permettent de produire plus de fourrage, par

rapport aux cultures pures. Le même résultat est obtenu avec les classes C1 et C4, pour lesquelles les fourrages des traitements T1, T2 et T3 sont supérieurs à celui du maïs en culture pure (traitement T0). En effet selon Ehouinsou (2004), dont les résultats confirmaient ceux d'autres auteurs, l'association des cultures vivrières avec des légumineuses fourragères permet de produire des fourrages et du vivrier tout en améliorant la fertilité des sols. Ainsi, l'association du maïs avec le mucuna a permis d'augmenter significativement la production de la biomasse nécessaire à l'alimentation du bétail, sans toutefois diminuer significativement le rendement en grain de maïs nécessaire à la consommation humaine (Nchoutnji1, 2010).

Pour les classes C2 et C4, on remarque que les rendements en grain de maïs sont élevés respectivement au niveau des traitements T2 et T3 par rapport au traitement T0. Cela confirme les résultats de plusieurs auteurs et fait de ces 2 classes de producteurs, les représentantes de notre innovation.

Egalement, il faut noter que le rendement en grain et en fane de niébé pour toutes les classes est élevé pour le traitement T1 comparativement au traitement T2. Cela est dû à la densité de niébé élevée pour T1 par rapport à celle du traitement T2. En effet, Taffouo *et al.* (2008) et Coulibaly (2012) avaient montré que le rendement des cultures augmentait avec une densité élevée de semis. Cela est en contradiction avec les résultats de Pousset (2004), pour qui le rendement en graines de la ou des légumineuses est souvent d'autant plus important que la densité totale du mélange (maïs+ niébé) est faible. Par contre, le faible rendement en grain de niébé du traitement T3 par rapport à celui du traitement T2, s'expliquerait par le fait que la 2^{ème} variété de niébé semé 30 jours après le maïs n'a pas pu produire de gousses. Cela est dû en partie au non-respect de la date de semis par les producteurs mais également à l'arrêt brusque des pluies ne permettant pas au niébé de boucler son cycle.

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. Cependant, les traitements T2 de la classe C2, T1 de la classe C3 et T3 de la classe C4 ont enregistré les marges brutes les plus élevées. En effet, il a été démontré par Lawane *et al.* (2009) que la production de l'association maïs/légumineuses est supérieure à celles des deux spéculations en culture pure. Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Coulibaly *et al.* (2012a), pour qui les résultats des performances économiques montrent que les associations maïs-légumineuses entraînent une augmentation significative du produit brut,

par rapport à la culture pure des légumineuses et une baisse non significative par rapport à la culture pure du maïs.

Grace à une bonne conduite des essais, le niébé constitue une source de revenu pour les exploitations agricoles du Tuy avec une marge brute pouvant atteindre $225\,023 \pm 9\,5612,70$ FCFA/ha pour le traitement T2 de la classe C2 et $274\,886 \pm 29\,834,28$ FCFA/ha pour T3 de la classe C4. Les résultats sur les marges brutes montrent que la conduite des opérations par la classe C2 et la classe C4 est satisfaisante dans les exploitations agricoles. Ainsi la culture des légumineuses peut permettre d'augmenter le revenu brut des exploitations agricoles, en plus d'être utilisées pour l'alimentation du bétail.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de tester différentes modalités d'association du maïs (*Zea mays* L.) avec le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) en vue de déterminer la modalité la mieux adaptée aux conditions de l'agriculture locale. Les résultats sur les performances agronomiques et économiques montrent que l'insertion du niébé n'entraîne pas de différence significative entre les productions de la culture pure du maïs et les associations maïs/niébé quelle que soit la modalité d'association. A travers des analyses multi-variées, quatre classes de producteurs ont été obtenues. Ces classes diffèrent l'une de l'autre par les conditions et les pratiques de production. On retient que le traitement T2 de la classe C2 et le traitement T3 de la classe C4 ont obtenu les meilleurs rendements en grain de maïs comparativement aux autres traitements. La réduction de la densité du niébé (24 108 pieds/ha), a entraîné la baisse de la compétition entre le maïs et le niébé. De même, le niébé semé entre 25-28 jours après le maïs, n'induit pas la baisse du rendement en grain de maïs. Au niveau des cultures associées, les pertes en rendement grain de maïs sont compensées par les productions du niébé. Les performances économiques des associations culturales ont ainsi été améliorées par rapport à la culture pure du maïs (traitement T0). L'adoption de l'association du maïs avec le niébé à faible densité (traitement T2) permet d'accroître la production en biomasse dans un contexte de surexploitation des terres et permet d'atténuer le déficit fourrager. Ainsi le niébé pourrait bien s'intégrer dans un système de production intensif. Il est donc important d'encourager les paysans à adopter les associations culturales céréales/légumineuses alimentaires afin d'assurer la sécurité alimentaire humaine et animale de leur exploitation. Pour améliorer de manière significative la production du maïs et le revenu issu de cette culture, les paysans doivent cultiver le maïs avec le niébé à faible densité. Cela aura un impact positif non seulement sur la production, mais aussi sur la marge bénéficiaire des producteurs (229 843 ± 107 195 FCFA/ha). Enfin, cette technologie peut à long terme améliorer la fertilité des sols et la sécurité alimentaire humaine (2 284,87 ± 543 kg/ha en grain de maïs) et animale (2 659,36 ± 456 kg/ha de fourrage).

Bibliographie

Akédriin T.N., N'guessan K., Aké-Assi E., Ake S., 2010. Effet de Légumineuses herbacées ou subligneuses sur la productivité du maïs. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 8 (2) : 953- 963.

Bacý 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, (France) 243 p.

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.

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

Barro A., Traoré H., 1996. Influence de la préparation du sol et du sarclage sur la production et l'enherbement du sorgho au Burkina Faso. *In* : «Science et Technique», Revue de la recherche au Burkina Faso. 22 (2) : 27-35.

Baudoin J.P. Camarena F., Lobo M., 1995. Amélioration de quatre espèces de légumineuses alimentaires tropicales : *Phaseolus vulgaris*, *P. polyanthus* et *P. lunatus*. Sélection intra et interspécifique. *In* : Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Dubois J., Paris (France). John Libbey Eurotext, pp 31-49.

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, 63 p + annexes.

Bousseau D., 2009. Associations céréales-légumineuses et mélanges de variétés de blé tendre : point de vue agronomique et pratique d'une coopérative. *Innovations Agronomiques* (2009) 7 : 129-137.

Breman H., Sissoko K., 1998. L'intensification agricole au sahel. Paris, France. Karthala. 1000 p.

César J., Ehouinsou M., Gouro A., 2004. Production fourragère en zone tropicale et conseils aux éleveurs. Rapport Procordel, CIRDES, Bobo-Dioulasso, 47 p.

Chambre de Commerce, d'Industrie et d'Artisanat du Burkina Faso, 2006. Données économiques et sociales du Burkina Faso. Ouagadougou, CCIA.

CIMMYT, 1991. CIMMYT 1989/1990, réalités et tendances: potentiel maïsicole de l'Afrique Subsaharienne, Mexico, Mexique, 71 p.

CIMMYT, 2000. World Maize Facts and Trends. Meeting World Maize Needs: Technological opportunities and priorities for the public sector. Mexico, D.F: 60 p.

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., Bacý 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. Premiers résultats sur l'intensification écologique et démarche participative en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, 24 (2) : 129-141.

Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Nacro H.B., Sédogo M.P., 2012c. 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., 2012d. 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.

David L., (1987). Cultures traditionnelles de plein champ. Bibliothèque pour le développement durable et les besoins humains essentiels, New Zeland Digital Library. University of Walkato. Peace Corps, 1987 : 497 p.

Diallo L., 2002. Effet de l'engrais azoté et du fumier sur le rendement du maïs. Mémoire de fin d'études, Option : Agronomie, IDR/UPB. Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 55 p.

Dounias I., 2001. Les systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes (CNEARC)/CIRAD-CA. ETUDES et TRAVAUX n° 19, 162 p.

Doztsi A.K., 2002. Application du modèle CERES-Maize de DSSAT à l'analyse des stratégies de semis pour le maïs (*Zea mays* L.) dans les conditions de SEVE KPOTA. Mémoire d'ingénieur agronome. IFDC Afrique/ESA-UL, Lomé (Togo), 91 p.

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

Dugje I.Y., Omoigui L.O., Ekeleme F., Kamara A.Y., Ajeigbe H., 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest: Guide du paysan. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria, 26 p.

Edzang Mba J.J., 1999. Incidence des systèmes de cultures sur les rendements de cultures et évolution de la fertilité d'un sol ferrallitique dans l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB, 78 p.

Edzang Ongo V., 2000. Effet de la date d'application d'azote sur les composantes du rendement des variétés de maïs à cycle intermédiaire, précoce et extra-précoce. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB, 47 p.

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.

Ehouinsou M., Olaafa M., 2003. Production de fourrage et de maïs, complémentation alimentaire des ovins/caprins, et régénération des terres en milieu agro-éleveur par l'association des cultures de *Stylosanthes scabra seca* avec le maïs, ou *Aeschynomene histrix* avec le maïs. Actes de l'Atelier scientifique région sud tenu du 11 au 13 Décembre 2003. INRAB (Bénin).

ESPGRN, 1994. La culture fourragère de l'association maïs/dolique. Fiche technique de recherche/Sikasso (Mali), 27 p.

FAO, 2001. Water and soil requirement of crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, Online at: <http://www.fao.org/docrep/U3160E/u3160e04.htm>. Consulté le 20/12/2013.

Garba A.M., 2007. Etude des possibilités d'amélioration des systèmes de production à base de légumineuses alimentaires (niébé-arachide) dans la zone agro-écologique du Fakara, Sud-Ouest du Niger. Mémoire de fin d'études. Gestion des ressources animales et végétales en milieux tropicaux : Université de Liège (Belgique), 72 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, Walling ford (U.-K.).

Hamadou S., Kamuanga M., Abdoulaye T., Lowenberg-Deboer J., 2003. Facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères dans les élevages laitiers périurbains de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). CIRDES, 18 p.

Hiema S.C., 2005. Caractérisation et classification de lignées de maïs (*Zea mays* L.). Mémoire de fin d'études, IDR/UPB, 71 p.

Hien V., 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de Docteur INPL, Nancy (France). Spécialité Sciences Agronomiques : Option Agro-écologie, 149 p.

IITA, 2001. Maize, International Institute of Tropical Agriculture. Online at: <http://www.iita.org/crop/maize.htm>. Consulté le 20/12/2013.

INERA, 1987. Fiches descriptives niébé. Programme Oléo-protéagineux (Burkina Faso), 2 p.

INERA, 1987. Fiches techniques niébé. Programme Oléo-protéagineux (Burkina Faso), 2 p.

INSD, 2004. Institut National des Statistiques et de la Démographie et Direction des Etudes et de la Planification (DEP). Deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel (ENEC II). Burkina Faso: Ministère de l'économie et du développement & Ministère des ressources animales.

INSD, 2007. Résultats préliminaires du recensement général de la population et de l'habitation (RGPH) de 2006 du Burkina Faso, 51 p.

Jens B.A., (2006). Meilleures techniques et approches de développement pour l'amélioration de l'agriculture au sahel. Groupe de coordination des zones arides. Université Norvégienne de science de la vie. ICRISAT-Niamey (Niger).

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.

Kambiré H., Abdel-Rahman G., Bacyé B., Dembélé Y., 2010. Modeling of Maize Yields in the South-Sudanian Zone of Burkina Faso-West Africa. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 7 (2) : 195-201.

Kiniry J.R., Ritchie J.T., Musser R.L., 1983. Dynamic nature of the photoperiod response in maize: *In* Le maïs en zone tropicale: Amélioration des plantes, pp 25-34.

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.

Louarn G., Corre-Hellou G., Fustec J., Lô-Pelzer E., Julier B., Litrico I., Hinsinger P., Lecomte C., 2010. Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses. *Innovations Agronomiques* 11 (2010) : 79-99.

Mandret G., 1988. Le niébé dans l'association légumineuse fourragère-céréales au Sénégal. ISRA/LNERV BP 2037 Dakar. 7 p.

Mémento de l'agronome, 2002. Technology & Engineering. Ministère des affaires étrangères. CIRAD. Montpellier, France, 1692 p.

Mills A.J., 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.

Mohamed-Saleem M.A., Otsyina R.M., 1986. Fodder banks: For pastoralists or farmers. *In*: Haque, I. Jutzi, S. and Neatle P.J.H. (eds), Potentials of forage legumes in farming systems of Sub-Saharan Africa. Proc. Workshop ILCA, Addis Ababa (Ethiopia), 16-19 Sept. 1985: 212-231.

N'Goran K.E., Kassin K.E., Zohouri G.P., N'Gbesso M.F., Yoro G.R., 2011. Performances agronomiques des associations culturales igname-légumineuses alimentaires dans le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 43: 2915-2923.

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.

Nkamleu G. B. et Coulibaly O., 2000. Les déterminants du choix des méthodes de lutte contre les pestes dans les plantations de cacao et café au sud-cameroun. *Economie rurale*, 259: 75- 85.

Nnadi L.A., Haque I., 1986. Forage legume-cereal systems: improvement of soil fertility and agricultural production with special reference to Sub-Saharan Africa. *In* Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa. Actes du séminaire tenu au CIPEA, Addis Ababa (Ethiopie), du 16 au 19 Septembre 1985 : 212-231

Norman M.J., Paerson C.J., Searle P.G.E., 1995. The ecology of tropical food crops, New York (USA). Cambridge University Press, 430 p.

ORSTOM, 1978. Ressources en sols du Togo. Carte au 1/200 000 des unités agronomiques déduites de la carte pédologique. Notice explicative n° 73, Paris, 20 p + cartes.

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

Paliwal L.R., Granados G., Lafitte R.H., Violic D.A., 2002. Le maïs en zone tropicales: Amélioration et production. Collection FAO: Production végétale et protection des plantes, n°28, 382 p.

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.

PNUD-FAO, 2008. Rapport mondial sur le développement humain: la lutte contre le changement climatique, un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé, Programme des Nations Unies pour le Développement, 382 p.

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

Renard C., Garba M., 1989. Millet based cropping systems with forage legumes for improving nutritive value of crop residues in the sahelian zone. VI congrès international des herbages. Nice (France), 4-11 octobre 1989. Association française pour la production fourragère (France), 837-838.

Sanchez A., Nicholaides J.J., Couto W., 1977. Physical and chemical constraint to food production in tropics. In G. BIXLER & L. W. SHENILT; eds. *Chemistry and World food supplies: The new frontiers*, CHEMERAWN II, Los Banos Philippines, IRRI: 89-105.

Sanou J., 2003. Indication pour réussir la culture de maïs, In «*Formation sur les techniques de production de semences de riz et de maïs*», Farakoba du 15 au 16 Juillet 2003, Sasakawa Global 2000 (Burkina Faso).

Schaller N., 2008. Analyse et modélisation des relations agriculture-élevage au sein d'exploitations cotonnières dans l'Ouest du Burkina-Faso, mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, AgroParisTech, 115 p.

Sedogo P.M. 2008. Etude sur la capitalisation des technologies en matière d'amélioration de la fertilité des sols dans les zones cotonnières du Burkina Faso. Rapport final, Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina Faso (UNPCB), Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 51 p.

Semporé A., 2008. Analyse de la production et de l'utilisation de la biomasse du maïs et du coton en zone Ouest du Burkina Faso : cas de Koumbia et de Kourouma. Mémoire de fin d'études : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), 81 p.

Séré Y., 1990. La striure et les autres maladies du maïs au Burkina Faso. In *Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel*. Proceedings du séminaire international de lutte intégrée, 4-9 Janvier 1990. Institut du Sahel, Bamako (Mali) : 276-284.

Taffouo V.D., Etamé J., Din N., Marc Le Prince Nguelemani M .L.P, Eyambé Y.M., Tayou R.F., 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*, 12 : 623-632.

Traoré O., 1993. Épidémiologie de la striure du Maïs en zone soudano-sahélienne : cas du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 116 p.

Traoré S., Leclant F., Ouédraogo I., Dabiret R., 1996. Inventaire, distribution géographique et capacité intrinsèque de *Cicadulina* spp. (*Homoptera : Auchenorrhynques : Cicadellidae*) à transmettre le virus de la striure du maïs au Burkina Faso. Ann. Univ. de Ouagadougou, Vol. IV (Séries B), 24 p.

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.

Véricel G., Minette S., 2010. Mieux gérer l'interculture pour un bénéfice agronomique et environnemental : Légumineuses, comment les utiliser comme cultures intermédiaires ? Chambre Régionale d'Agriculture. Dossier technique Poitou-Charente, 24 p.

Vilain M., 1989. La production végétale, La maîtrise technique de la production. Vol. 12, Technique et Documentation - Lavoisier, 361 p.

Zougmoré et al., 1996. L'association culturale sorgho-niébé pour prévenir le ruissellement et l'érosion dans le Sahel au Burkina Faso. Disponible sur le Word Wide Web http://www.idrc.ca/lacro/ev-31937-201-1-DO_TOPIC.html. Consulté le 10/01/14

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

Zoundi J.S., Butare I., Ndikumana J., Adomefa K., 2006. Intégration Agriculture-Elevage: Alternative pour une gestion durable des ressources naturelles et une amélioration de l'économie familiale en Afrique de l'Ouest et du Centre. Archiv Butare 122484.

Annexes

Partie Maïs	Partie Maïs/Niébé (V1L1)	Partie Maïs/Niébé (V1L2)	Partie Maïs/Niébé (V2L1)
Précédent 2010 _____ Fumure Organique 2010 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2011 _____ Fumure Organique 2011 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2012 _____ Fumure Organique 2012 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Sol : Nom local : _____ Gravillons <input type="checkbox"/> Sableux <input type="checkbox"/> Argileux <input type="checkbox"/>	Précédent 2010 _____ Fumure Organique 2010 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2011 _____ Fumure Organique 2011 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2012 _____ Fumure Organique 2012 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Sol : Nom local : _____ Gravillons <input type="checkbox"/> Sableux <input type="checkbox"/> Argileux <input type="checkbox"/>	Précédent 2010 _____ Fumure Organique 2010 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2011 _____ Fumure Organique 2011 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2012 _____ Fumure Organique 2012 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Sol : Nom local : _____ Gravillons <input type="checkbox"/> Sableux <input type="checkbox"/> Argileux <input type="checkbox"/>	Précédent 2010 _____ Fumure Organique 2010 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2011 _____ Fumure Organique 2011 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Précédent 2012 _____ Fumure Organique 2012 Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Sol : Nom local : _____ Gravillons <input type="checkbox"/> Sableux <input type="checkbox"/> Argileux <input type="checkbox"/>

Opérations culturales		Partie Maïs	Partie Maïs/Niébé (V1L1)	Partie Maïs/Niébé (V1L2)	Partie Maïs/Niébé (V2L1)
Comment avez-vous préparé le sol ?		Labour à plat <input type="checkbox"/> Labour en billon <input type="checkbox"/> Aucune préparation <input type="checkbox"/> Date du travail du sol : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Labour à plat <input type="checkbox"/> Labour en billon <input type="checkbox"/> Aucune préparation <input type="checkbox"/> Date du travail du sol : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Labour à plat <input type="checkbox"/> Labour en billon <input type="checkbox"/> Aucune préparation <input type="checkbox"/> Date du travail du sol : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Labour à plat <input type="checkbox"/> Labour en billon <input type="checkbox"/> Aucune préparation <input type="checkbox"/> Date du travail du sol : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Opérations culturales		Partie Maïs	Partie Maïs/Niébé (V1L1)	Partie Maïs/Niébé (V1L2)	Partie Maïs/Niébé (V2L1)
Comment avez-vous semé ?	Maïs	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du re semis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
	Niébé V1 ou	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Semis direct avec	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Semis direct avec	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Semis direct avec	Semoir local <input type="checkbox"/> Semoir français <input type="checkbox"/> Semis manuel <input type="checkbox"/> Semis direct avec

	V2	canne planteuse <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures: _____	canne planteuse <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures: _____	canne planteuse <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures: _____	canne planteuse <input type="checkbox"/> Date du semis : _____ Dose de semence : _____ Kg Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Date du resemis : _____ Nb de personne : _____ Nb d'heures: _____
Avez-vous appliqué un herbicide total ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	
Avez-vous appliqué un herbicide sélectif ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui lequel ? : _____ Quelle quantité : _____ A quelle date : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures: _____ Dépenses : _____ Fcfa	
Opérations culturales	Partie Maïs	Partie Maïs/Niébé (V1L1)	Partie Maïs/Niébé (V1L2)	Partie Maïs/Niébé (V2L1)	
Avez-vous effectué un démariage ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui à quelle date ? : _____ Nb de personnes : _____, Nb d'heures : _____	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui à quelle date ? : _____ Nb de personnes : _____, Nb d'heures : _____	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui à quelle date ? : _____ Nb de personnes : _____, Nb d'heures : _____	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui à quelle date ? : _____ Nb de personnes : _____, Nb d'heures : _____	
Avez-vous appliqué du NPK ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	
Avez-vous appliqué de l'urée ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Quelle quantité : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____	

	Dépenses : _____ Fcfa	Dépenses : _____ Fcfa	Dépenses : _____ Fcfa	Dépenses : _____ Fcfa
Avez-vous sarclé ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Avec quel outil ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Avec quel outil ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Avec quel outil ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Avec quel outil ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Avez-vous désherbé à la main ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Avez-vous effectué un buttage ?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Opérations culturales	Partie Maïs	Partie Maïs/Niébé (V1L1)	Partie Maïs/Niébé (V1L2)	Partie Maïs/Niébé (V2L1)
Récolte épis maïs	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte gousses légumineuse	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte tiges maïs	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa
Récolte fourrage légumineuse	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa	Date ? : _____ Nb de personnes : _____ Nb d'heures : _____ Dépenses : _____ Fcfa

Annexe 2 : Fiche de relevé des observations

		15 à 20 JAS du maïs (date _____)			50 à 60 JAS du maïs (date _____)
Traitements	N° placette +N°WPT	Nb de pieds de maïs par placette 12 m ²	Note enherbement (noter de 1 à 9)	Nb de pieds de légumineuse par placette de 12 m ²	Note enherbement (noter de 1 à 9)
Partie Maïs	1				
	2				
	3				
Partie Maïs/Niébé (V1L1)	1				
	2				
	3				
Partie Maïs/Niébé (V1L2)	1				
	2				
	3				
Partie Maïs/Niébé (V2L1)	1				
	2				
	3				

Annexe 3 : Fiche de récolte des données pour le calcul de rendements

		Maïs frais		Niébé frais		Maïs sec			Niébé sec	
		Epis	Tiges	Gousses	Fanes	Graines	Tiges	Rachis	Graines	Fanes
Partie Maïs	Placette 1(12m ²)									
	Placette 2(12m ²)									
	Placette 3(12m ²)									
	Moyenne (12m ²)									
Partie Maïs/Niébé (V1L1)	Placette 1(12m ²)									
	Placette 2(12m ²)									
	Placette 3(12m ²)									
	Moyenne (12m ²)									
Partie Maïs/Niébé (V1L2)	Placette 1(12m ²)									
	Placette 2(12m ²)									
	Placette 3(12m ²)									
	Moyenne (12m ²)									
Partie Maïs/Niébé (V2L1)	Placette 1(12m ²)									
	Placette 2(12m ²)									
	Placette 3(12m ²)									
	Moyenne (12m ²)									

Annexe 4 : Coordonnées des observations

Observation	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
BOGNINI Agnihéko	-1,070	0,973	0,593	-1,379	-0,649	1,165	1,153	-1,134	0,541	-0,363	-0,840	-0,263	0,753	0,375	0,049
BOGNINI Marcel	1,910	0,424	1,005	-0,951	0,565	0,221	-0,279	-0,820	0,596	-0,444	-1,297	0,290	0,245	-0,519	0,489
BOGNINI Sékou	1,574	-1,241	-0,431	-0,608	-0,779	-0,711	0,452	-0,452	0,014	0,000	0,194	0,629	0,279	0,016	0,218
BOGNINI Wonko	-1,805	0,111	-2,232	-0,647	-0,886	-0,038	0,690	0,211	-2,321	-0,006	-0,621	-0,646	-0,194	-0,362	-0,212
BONKIAN Ayézouma	-4,238	0,020	0,113	-2,690	-1,899	-0,864	-1,119	1,145	-1,121	0,288	-0,447	0,048	0,596	0,169	-0,111
BONKIAN Félix	0,611	0,117	-0,822	1,658	-0,541	-2,211	-0,591	-2,498	-0,318	-0,539	1,161	-0,449	-0,304	-0,505	-0,043
BONKIAN Jacques	-1,386	5,116	0,021	1,449	-0,032	-0,953	-0,645	-0,056	0,734	2,088	0,438	0,895	0,948	0,229	-0,172
BONKIAN Jean	2,218	2,462	1,105	0,598	-0,096	0,876	0,818	1,407	-0,537	-2,365	0,671	-0,332	0,080	0,383	-0,287
BONKIAN Karfako	0,656	0,459	-0,988	-0,159	0,614	-0,274	-0,518	-0,208	0,359	-0,399	-1,029	0,079	-0,443	0,676	0,344
BONKIAN Nazi	-2,045	-0,595	-0,163	-0,566	-0,035	-0,191	-0,842	-0,188	1,696	-1,119	-0,029	-0,304	-0,164	0,043	-0,276
BONKIAN Tamoussi	-1,898	-0,357	-3,360	-3,005	3,091	0,698	1,208	-0,404	-0,223	-0,064	1,274	0,660	0,071	0,047	-0,105
BONKIAN Yacouba	1,529	1,691	-1,549	1,433	0,531	1,077	0,296	-0,239	-1,245	-0,200	-1,208	0,669	-0,381	-0,023	-0,378
COULIBALY Yaro	-1,312	-1,423	-0,852	1,595	0,548	-0,367	1,238	0,936	1,808	1,047	-0,088	-0,583	-0,401	0,674	-0,434
DIALLO Amadou	0,794	1,421	3,220	-1,046	2,119	-2,156	0,448	0,161	-0,573	-1,299	-0,176	-0,024	-0,304	0,043	-0,140
DIHAMBA Biné	-1,777	-1,865	0,941	2,194	0,951	-0,277	-0,863	1,077	-0,654	0,518	0,005	0,110	-0,349	-0,362	-0,037
DOUMBERE Adama	0,452	0,992	-0,744	-0,187	-0,337	-0,006	-0,249	-0,906	0,392	-0,061	-0,320	-0,399	0,785	-0,497	-0,137
HORI Adama	0,905	-0,053	2,429	-1,068	-0,322	1,174	0,295	-0,039	-0,424	0,720	0,442	0,079	-0,496	-0,073	-0,230
KERE Jacques	-3,157	2,282	-0,050	-0,899	-0,613	-0,659	-0,896	1,394	0,140	0,194	0,490	-0,951	-0,896	-0,219	0,261
KINDO Souleymane	0,875	-1,934	0,254	1,552	0,491	0,414	-0,170	0,894	-0,535	-0,052	-0,309	-0,480	1,903	-0,032	-0,092
KONATE Djènèba	0,636	-0,908	0,261	-0,308	-1,522	-0,421	-0,754	-0,678	-0,606	0,430	0,080	0,671	-0,616	0,146	0,196
KONATE Siaka	0,689	-1,169	-0,048	-0,172	-2,020	0,570	0,487	0,553	0,534	-0,637	0,270	1,008	0,398	-0,610	-0,185
LY Adama	-4,338	0,778	0,841	1,412	0,514	0,891	-0,252	-0,104	0,341	-1,404	0,651	-0,029	0,375	-0,331	0,384
NABALOU M Abzeta	1,895	0,026	-0,369	-0,684	-1,003	-0,766	1,909	0,553	1,580	0,483	0,525	-0,553	0,023	-0,739	0,072
OUEDRAOGO Z.L. Bour	0,297	1,312	-0,854	0,581	0,549	1,576	-0,697	-0,388	0,398	0,464	0,031	-0,251	-0,151	0,552	0,644
PENO Marcel	0,174	-0,960	0,804	-0,669	0,005	0,012	-0,370	0,074	0,853	-0,166	-0,583	0,079	-0,511	0,486	-0,431
PENO P. Edouard	0,144	-0,437	0,093	0,395	0,284	0,632	-1,160	1,188	-0,075	0,924	-0,560	0,519	-0,518	-0,486	-0,317
PENO Sibiri	-1,593	-2,364	-0,190	0,944	0,973	-0,176	-0,416	0,786	0,236	-0,972	0,599	1,173	0,194	0,089	0,111
PENO Yérébatè	-0,215	-0,432	0,803	1,023	-1,272	1,487	0,387	-1,880	-1,319	0,190	0,950	-0,269	-0,169	0,624	-0,497
PENO Zama	0,764	-1,466	0,239	-0,581	-0,735	-0,153	0,532	-0,340	1,090	0,423	-0,165	-0,600	0,135	0,259	-0,270
SANA Inoussa	-2,687	-1,422	-0,220	1,342	-0,016	0,974	0,384	-0,409	-0,350	-0,060	-0,479	-0,863	-0,186	-0,053	0,651
SAWADOGO Alidou	0,192	-1,093	1,394	-0,651	-1,205	0,212	-0,599	-0,462	0,164	0,298	0,523	0,793	-0,221	0,469	0,458
SAWADOGO Sayouba	5,459	-0,643	-0,104	-1,409	1,336	0,970	-2,724	0,627	-0,458	0,945	0,946	-0,990	0,392	-0,021	0,073
SERE Lassina	2,481	1,270	-0,254	0,570	-0,601	1,446	1,952	1,175	0,107	0,475	0,165	0,283	-0,725	-0,474	0,354
SERE Seydou	-0,044	-0,022	-0,130	0,075	1,256	0,136	-1,203	-1,489	0,753	-0,025	-0,789	0,021	-0,424	-0,634	-0,446
TALL Aïssata	3,564	-0,074	-2,586	0,824	-0,931	-2,517	-0,233	0,880	-0,320	-0,954	-0,242	0,072	0,026	0,576	0,213
ZALLE Moussa	-0,256	-0,994	1,831	0,035	1,668	-1,791	2,334	-0,364	-1,257	1,640	-0,232	-0,096	0,251	0,082	0,280