

Performances agro-économiques de la micro-dose d'engrais sur les cultures associées en zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso

[Agro- economic performance of the micro- dose fertilizer on intercropping in the cotton belt of western Burkina Faso]

Kalifa COULIBALY¹⁻², Mahamadou KOUTOU², Amadou M. DIALLO², and Mamadou SANGARE²

¹Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol (LERF),
Institut du Développement Rural (IDR), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB),
01 B.P. 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Unité de Recherche sur les Productions Animales (URPAN),
Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES),
01 B.P. 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Agro- economic performance of the micro- dose fertilizer on intercropping in the cotton belt of western Burkina Faso.

The cotton zone of Western Burkina Faso, is characterized by a reduction of land reserves and soil fertility. Innovations techniques from hybridization of scientific and local knowledge have been tested in this zone. This paper describes the approach and gives experimental results on the diversity of cultural practices between the maize-mucuna and the maize-pigeon pea association and the effects of using micro-dose of fertilizer on the agronomic and economic performance of the two type of crop association. The study was conducted in 2012 with 36 farmers in two villages of the municipality of Koumbia (Burkina Faso). Mineral fertilizers were applied on the maize associated according to the conventional requirements (150 kg ha⁻¹ NPK and 50 kg ha⁻¹ urea) and micro-dose (75 kg ha⁻¹ of NPK and 50 kg ha⁻¹ urea). The results show that the time of planting, crop densities and the residual effects of previous crops are the factors of variation in associating maize-mucuna and maize-pigeon pea. It has been also noted that the micro-dose induces a non-significant increase in grain yield of maize 4 and 11% respectively for the maize-pigeon pea and maize-mucuna, compared to a broadcast application. Economic performance and the work time between micro-dose and broadcast application are not significantly different ($p < 0.05$). In a context of scarcity of agricultural land, the results of this study show that the maize-legume associations allow a diversification of production on the same unit area and ensure food and forage safety.

KEYWORDS: localized fertilizer input, maize and legume intercropping, crop diversification, on-farm research.

RÉSUMÉ: La zone cotonnière Ouest du Burkina Faso est marquée par une diminution des réserves en terres et de la fertilité des sols. Une expérimentation sur des innovations techniques à partir d'une combinaison des savoirs scientifiques et locaux, a été menée dans cette zone. Le présent papier décrit la démarche d'expérimentation et donne les résultats sur la diversité des pratiques culturelles d'association maïs-Mucuna et maïs-pois d'Angole ainsi que l'effet de la micro-dose d'engrais sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées. L'étude a été menée en 2012 avec 36 paysans dans 2 villages de la commune de Koumbia (Burkina Faso). Les engrais minéraux ont été appliqués sur le maïs associé suivant la dose paysanne et à la volée (150 kg ha⁻¹ de NPK et 50 kg ha⁻¹ d'urée) et la micro-dose (75 kg ha⁻¹ de NPK et 50 kg ha⁻¹ d'urée). Les résultats montrent que les délais de semis, les densités de cultures et l'arrière effet des précédents culturaux sont des facteurs de variabilité de production des cultures associées. On note aussi que la micro-dose localisée induit une

augmentation non significative des rendements en grain de maïs de 4 et 11 % respectivement pour l'association maïs-pois d'Angole et maïs-mucuna, par rapport à une application à la volée. Les performances économiques et les temps de travaux entre la micro-dose et l'apport à la volée ne sont pas différentes de façon significative (au seuil de 5 %). Dans un contexte de rareté de l'espace agricole, les résultats obtenus montrent que les associations céréales/légumineuses permettent une diversification des productions sur une même unité de surface et assurer une sécurité alimentaire et fourragère.

MOTS-CLEFS: Apport localisé d'engrais, association maïs-légumineuse, diversification des cultures, recherche en milieu paysan.

1 INTRODUCTION

Dans l'Ouest du Burkina Faso, les systèmes de production sont caractérisés par une prédominance des systèmes mixtes agriculture-élevage. Ces systèmes sont confrontés à une variabilité des précipitations et à un environnement économique précaire. La forte croissance démographique et l'augmentation de la densité animale au cours des dernières décennies ont entraîné une pression croissante sur les espaces et les ressources. On assiste à une exploitation continue et minière des parcelles conduisant à une baisse remarquable de la fertilité des terres cultivées [1], [2]. La solution à cette dégradation de la fertilité et à la baisse subséquente des rendements agricoles a été dans la plupart des cas l'utilisation quasi exclusive des engrais minéraux importés à des coûts de revient de plus en plus insupportables par les exploitations agricoles. Face à la densité animale élevée par rapport à la capacité de charge des pâturages, les éleveurs préfèrent envoyer tout ou partie de leur troupeau bovin en transhumance presque chaque année pour environ 6 mois vers le sud du pays et/ou dans les pays voisins [3].

Pour assurer de façon durable une sécurité alimentaire des populations et une sécurité fourragère du cheptel dans un tel contexte, il convient de promouvoir des systèmes plus productifs, flexibles, basés sur l'intégration des productions végétales et animales au sein des exploitations. C'est dans cette optique que les travaux ont été entrepris depuis 2008 dans la province du Tuy par notre équipe de recherche, pour co-construire avec les paysans, des innovations agropastorales contribuant à l'amélioration de la viabilité et de la durabilité de leurs exploitations [4].

L'une des options est l'insertion des légumineuses dans les systèmes de culture de la zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. Coulibaly *et al.* [5] ont montré que les associations maïs-niébé et maïs-mucuna permettent de produire plus de fourrage et de faire des économies d'espace par rapport aux cultures pures de maïs et de légumineuses. La restitution de ces résultats aux agriculteurs a conduit à la co-construction de nouvelles innovations visant à améliorer la production fourragère à partir des cultures associées et à valoriser les interactions entre les systèmes d'élevage et les systèmes de cultures dans le cadre du « **projet intensification agroécologique (iAE)** » financé par le CORAF/WECARD. L'objectif du présent papier est de montrer (i) la diversité des pratiques culturales d'association maïs-mucuna et maïs-pois d'Angole et (ii) l'effet de la micro-dose d'engrais localisée sur les performances agronomiques et économiques de ces cultures associées en situation réelle de culture. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé les données d'une année de campagne issues d'une expérimentation conduite chez et par le paysan (ECP).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été conduite dans les villages de Koumbia et Gombélé Dougou situés dans la province du Tuy à l'Ouest du Burkina Faso (Figure 1). Ces villages relèvent de la commune de Koumbia (12°42'20" N ; 4°24'01" S; altitude moyenne 290 m) qui est soumise à un climat soudanien avec une pluviométrie située entre 800 et 1100 mm par an. Gombélé Dougou est à 18 km de Koumbia qui est à 67 km de Bobo-dioulasso sur la route nationale n°1. La commune de Koumbia se caractérise par un relief relativement plat, une emprise agricole très élevée (52 % des terres sont mises en culture), une forte densité animale (22 UBT¹ km⁻²) et une forte pression humaine (38 habitants km⁻²). On note également que 30 % des terres sont occupées par des forêts classées [3]. Le coton est la principale culture de la zone, il est suivi par le maïs. Les légumineuses occupent une

¹ Unité de Bovin tropical

place marginale. L'élevage est l'une des principales activités de la zone et représente, après l'agriculture, la seconde source de revenu pour les paysans.

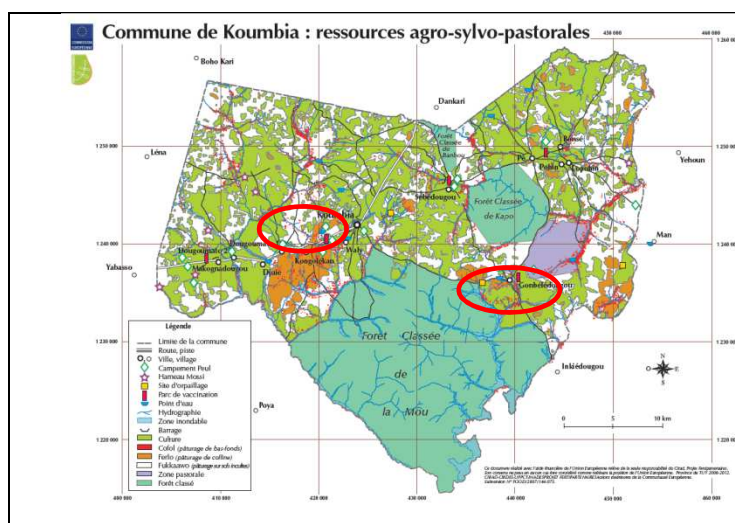


Figure 1: Zone d'étude (commune de Koumbia)

○ Sites d'étude

2.2 DÉMARCHE GÉNÉRALE DE L'EXPÉRIMENTATION CHEZ ET PAR LES PAYSANS (ECP)

L'expérimentation chez et par les paysans (ECP) s'intègre dans une démarche de recherche action en partenariat (RAP) qui est mobilisée pour des études de co-construction de l'innovation dans d'autres contextes [6], [7], [8]. Selon [6], la RAP est née de la rencontre entre une intention de recherche et une volonté de changement exprimée de la part des acteurs de terrain. Notre approche s'est appuyée sur des cadres de concertation villageois (CCV) mis en place lors de nos travaux antérieurs [4]. Elle s'est déroulée suivant trois phases (Figure 2) : (i) la phase de diagnostic (problématisation des situations), (ii) la phase de recherche de solutions (voyage d'étude, sessions de formations, visites commentées) et (iii) la phase de l'expérimentation chez et par les paysans qui se divise en trois étapes qui sont l'élaboration de protocoles et de cahiers de charges, l'exécution et l'évaluation de l'expérimentation. Les CCV ont servi de cadre de discussions, d'engagement et de mobilisation des paysans. Au total, 36 producteurs ont été mobilisés dans les 2 villages pour mettre en œuvre les expérimentations en 2012. Le présent papier traite principalement de la 3^{ème} phase d'expérimentation chez et par les paysans (ECP). Durant les étapes de cette phase, les agriculteurs ont participé activement :

- dans le choix des cultures : un panel de céréales (maïs, sorgho, mil) et légumineuses (niébé, mucuna, pois d'Angole, arachide, dolique) avaient été identifiées. Le choix des agriculteurs a porté sur le maïs parce qu'il est leur principale céréale et sur le mucuna parce qu'il produit beaucoup de fourrage. Le choix du pois d'Angole s'est justifié par le fait que les agriculteurs avaient l'intention de tester une nouvelle culture dans leur zone ;
- dans le mode d'insertion des légumineuses : les associations ont été retenues parce que les agriculteurs ont posé le problème de manque d'espace pour consacrer des superficies à la culture pure de légumineuses ;
- dans la mise en œuvre des essais : toutes les opérations culturales (du labour jusqu'à la récolte) ont été assurées par les producteurs expérimentateurs ;
- dans la collecte des données : les producteurs expérimentateurs avaient des fiches traduites en langue locale pour enregistrer les dates de réalisation des opérations culturales, les temps mis et le nombre de personnes par opération ;
- dans la validation des résultats : ces résultats ont été présentés lors d'une assemblée générale du CCV dans un langage simple. La diversité enregistrée dans la mise en œuvre de l'itinéraire technique a été discutée et validée ainsi que les facteurs qui ont influencé les rendements.

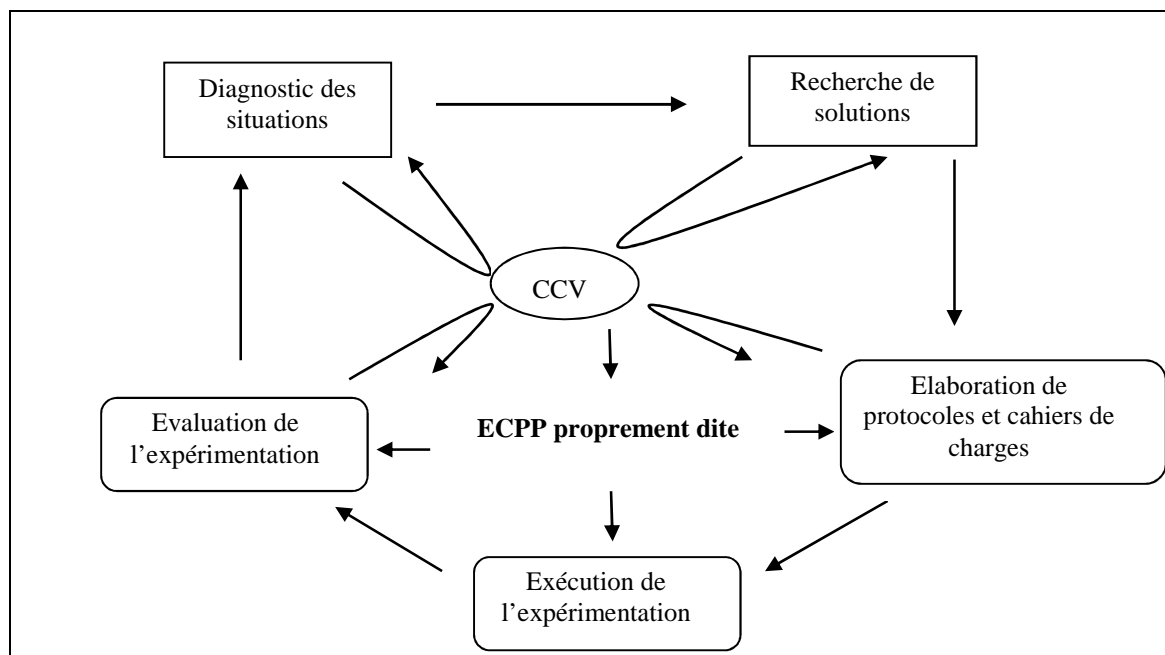
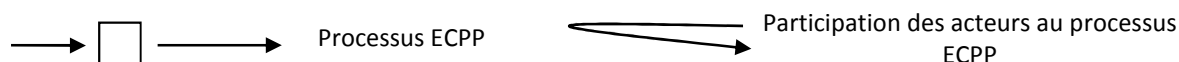


Figure 2 : Démarche de l'expérimentation chez et par les paysans (ECPP)

Légende :



2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL : CO-CONSTRUCTION DE L'ITINÉRAIRE TECHNIQUE

Le dispositif expérimental considère chaque producteur-expérimentateur comme une répétition de l'essai, qui était composé de quatre parcelles contiguës chez chaque producteur sur des superficies de 1 250 m² chacune. Les traitements suivants ont été testés chez chaque producteur :

- ✓ Traitement 1: MMdP = maïs-mucuna + NPK (150 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application classique (à la volée/broadcast),
- ✓ Traitement 2 : MMmD = maïs-mucuna + NPK (75 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application localisée et en micro-dose (1,2 g + 0,8 g poquet⁻¹),
- ✓ Traitement 3 : MPAdP = maïs-pois d'Angole + NPK (150 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application classique (à la volée/broadcast),
- ✓ Traitement 4 : MPAmD = maïs-pois d'Angole + NPK (75 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application localisée et en micro-dose (1,2 g + 0,8 g poquet⁻¹).

L'itinéraire technique co-conçu pour les essais est présenté dans l'encadré 1. L'itinéraire technique du maïs est celui observé utilisé par les agriculteurs dans leur zone. Ils ont jugé bon de le maintenir sans changement. Les discussions ont porté sur les délais d'insertion du mucuna et du pois d'Angole dans le maïs et les modalités d'application de l'engrais. Pour les légumineuses, les agriculteurs ont voulu que le mucuna, qu'ils connaissent en culture pure, soit inséré après l'apport d'urée parce que c'est une culture envahissante qui risque d'étouffer le maïs s'il est inséré très tôt. Pour le pois d'Angole, c'est la recherche qui a milité pour son insertion le même jour que le maïs du fait de sa photopériodicité. Il avait été proposé d'élaguer les plants de pois d'Angole si toutefois, les paysans notaient un envahissement du maïs. Concernant les modalités d'apport d'engrais, c'est la recherche qui a introduit la notion de micro-dose pour répondre à une préoccupation des agriculteurs qui est la cherté des engrais. Les discussions ont permis de réduire la quantité du complexe NPK de moitié comparativement à la pratique des agriculteurs (traitements 1 et 3), pour les traitements 2 et 4 (avec micro-dose) et son apport a été localisé. La pratique actuelle dans la zone d'étude est à l'apport à la volée.

ENCADRÉ 1: ITINÉRAIRE TECHNIQUE CO-CONÇU

Labourer les parcelles dès les 1^{ères} pluies utiles
Semer le maïs aux écartements suivants :
- Inter-ligne 80 cm
- Inter-poquet 40 cm (2 graines par poquet)
Semer les légumineuses sur la même ligne que le maïs
Semer le pois d'Angole le même jour que le maïs (après chaque 2 poquets de maïs)
Semer le mucuna 40 jours après le maïs (après chaque 2 poquets de maïs)
Appliquer l'herbicide total (Round up) sur toutes les parcelles (1 l ha⁻¹)
Sarcler à la houe manga et désherber manuellement 15 à 20 jours après le semis
Appliquer le complexe NPK 15 jours après semis du maïs et l'urée 35 jours après semis du maïs:
- Dose paysanne et épandage à la volée sur les traitements 1 et 3
- Micro-dose localisée sur les traitements 2 et 4
Récolter le maïs, le mucuna et le pois d'Angole après les mesures de rendement
Faire des bottes de fourrages avec les tiges de maïs et les fanes de légumineuses

Les semences de *Mucuna deeringiana*, ont été fournies par les producteurs impliqués dans un projet conduit par notre structure de recherche Centre International de Recherche Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES). Les semences de maïs (*Zea mays*), variété SR 21, et les semences de pois d'Angole (*Cajanus cajan* (L.)) ont été fournies par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) basé au Burkina Faso. Le *Mucuna* est une légumineuse connue par les paysans à travers nos actions antérieures, mais le pois d'Angole est une légumineuse qui est à sa première année d'introduction par notre structure de recherche.

2.4 COLLECTE DE DONNÉES

Des suivis ont été faits au cours du cycle pour collecter les données et les mesures de rendement ont été effectuées sur des placettes (quatre placettes par parcelle) de 12 m² de façon aléatoire.

Les variables agronomiques ont été déterminées par enquête (âge de mise en culture de la parcelle, arrière effet des trois dernières années) et par mesure (rendements). L'arrière effet des trois années antérieures a été obtenu à partir des données sur les précédents culturaux qui ont permis d'estimer grossièrement l'effet précédent lié à la fertilisation minérale avec des engrais complexes selon l'application ou non jusqu'à trois années en arrière. L'effet est dégressif selon les années avec une valeur de 1 en cas d'application l'année précédente, une valeur de 0,66 deux ans auparavant et une valeur de 0,33 trois ans auparavant.

2.5 VARIABLES CALCULÉES

Les produits bruts par hectare ont été obtenus en affectant une valeur aux produits du maïs (grain et fourrage) et du mucuna et pois d'Angole (fourrage) sur la base des prix moyens du marché local (125 FCFA² kg⁻¹ pour le maïs grain), après enquête auprès des producteurs (50 FCFA kg⁻¹ pour les fanes de pois d'Angole ou de mucuna et 5 FCFA kg⁻¹ pour les pailles de maïs).

Les charges brutes par hectare ont été obtenues en sommant les charges élémentaires d'intrants (semences, herbicides) et de travail. Le tarif généralement pratiqué dans la zone d'étude pour le temps de travail a été utilisé (soit 750 FCFA pour 1 HJ).

La marge brute par hectare représente la valeur de la production par hectare diminuée des charges brutes et la marge brute par journée de travail est le rapport de la marge brute par hectare et le nombre de jours de travail [9].

² Franc de la Communauté Financière Africaine

Nous avons considéré qu'une journée de travail correspondait à 6 heures de travail au regard des pratiques dans la zone. Le temps de travail ($J ha^{-1}$) par opération est obtenu en faisant le calcul suivant : (temps passé en minutes * nombre de personnes * 10 000/superficie de la parcelle)/360. Le temps total est obtenu en sommant les temps de travail de toutes les opérations.

2.6 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

La méthode d'analyse multi-variée a été utilisée du fait qu'il y a une diversité de pratiques culturales dans les expérimentations en milieu paysan. Une analyse en composantes principales (ACP) a d'abord été effectuée sur l'ensemble des données des traitements maïs-mucuna + NPK ($75 kg ha^{-1}$) + urée ($50 kg ha^{-1}$) en application en micro-dose (MMmD) et maïs-pois d'Angole + NPK ($75 kg ha^{-1}$) + urée ($50 kg ha^{-1}$) en application en micro-dose (MPAmD) [10]. Une classification ascendante hiérarchique (CAH) qui a ensuite été réalisée à partir du tableau des coordonnées des observations sur les axes factoriels obtenus de l'ACP, a permis de déterminer des sous-populations [11]. Une analyse factorielle discriminante (AFD) utilisée sur l'ensemble des variables, a permis de valider les sous-populations retenues [12]. Les analyses de variance (ANOVA) ont permis de comparer les sous populations identifiées à partir de la CAH ainsi que les traitements.

Pour les ACP, les variables économiques ont été considérées comme des variables supplémentaires. Les variables liées à l'âge de mise en culture de la parcelle, au précédent cultural, aux itinéraires techniques et aux rendements ont été retenues comme des variables actives. Pour les ANOVA, le test de Newman et Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de 5%. Le logiciel XLSTAT 2012, a été utilisé.

3 RÉSULTATS

3.1 DIVERSITÉ DES PRATIQUES DE PRODUCTION DES ASSOCIATIONS MAÏS-MUCUNA

Les résultats de l'ACP montrent que le rendement en grain du maïs est positivement corrélé au précédent cultural et à la densité de peuplement de maïs, mais est négativement corrélé à la date de semis (Tableau 1). Le rendement en tige du maïs est positivement corrélé à la densité de peuplement de maïs. On note également que le rendement fane du mucuna est corrélé positivement à la densité du mucuna.

Tableau 1: Matrice de corrélation (issue de l'analyse en composantes principales) entre les conditions de productions, les caractéristiques des exploitations, les itinéraires techniques et les rendements des cultures associées maïs-mucuna

Variables	Age champ	Arrière effet	Ecart 1 ^{er} semis	Sem M-NPK	Sem M-Urée	Sem Sarc	Sem M-Muc	Densité M	Densité Muc	Tps travail	Rdt Maïs grain	Rdt Maïs tige	Rdt Muc fane	MB/JT	Rtd tige + fane	CB	PB	MB
Age champ (an)	1																	
Arrière effet 3 ans	0,106	1																
Ecart 1 ^{er} semis	-0,285	-0,417	1															
Sem M-NPK	0,078	0,171	-0,081	1														
Sem M-Urée	-0,366	-0,153	0,269	0,002	1													
Sem-Sarc	-0,101	-0,188	0,147	-0,022	1													
Sem M-Muc	-0,066	0,329	-0,263	0,297	0,159	-0,447	1											
Densité M	0,072	0,157	0,076	-0,031	-0,074	-0,005	0,156	1										
Densité Muc	0,036	-0,029	-0,048	-0,167	0,180	0,034	-0,011	-0,072	1									
Tps travail	-0,313	0,099	0,026	-0,046	0,008	0,082	-0,116	0,271	-0,091	1								
Rdt Maïs grain	0,061	0,434	-0,455	0,054	-0,244	0,164	0,237	0,390	-0,001	0,316	1							
Rdt Maïs tige	0,210	0,313	-0,251	-0,070	-0,162	-0,037	0,084	0,592	0,200	0,332	0,608	1						
Rdt Muc fane	-0,014	-0,087	-0,152	-0,198	0,230	0,217	-0,195	0,077	0,765	-0,033	0,048	0,216	1					
MB/JT	0,333	0,367	-0,290	0,069	-0,239	0,154	0,143	0,437	-0,078	-0,261	0,654	0,478	-0,035	1				
Rtd tige + fane	0,199	0,286	-0,263	-0,097	-0,120	-0,002	0,051	0,578	0,307	0,313	0,588	0,989	0,359	0,452	1			
CB	-0,353	0,157	-0,158	-0,108	-0,050	0,031	0,071	0,249	0,054	0,848	0,455	0,380	0,111	-0,200	0,381	1		
PB	0,066	0,429	-0,461	0,039	-0,230	0,170	0,223	0,405	0,049	0,317	0,998	0,639	0,110	0,651	0,628	0,463	1	
MB	0,253	0,404	-0,440	0,099	-0,235	0,176	0,215	0,331	0,028	-0,072	0,895	0,528	0,068	0,836	0,515	0,016	0,894	1

Légende : Ecart 1^{er} semis = nombre de jours entre la date du premier semis du maïs (21 juin) et les autres dates de semis (jours) ; Sem M-Muc = nombre de jours entre le semis du maïs et celui du mucuna ; Sem M-NPK = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport de NPK ; Sem M-Urée = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport d'urée ; Sem-Sarc = nombre de jours entre le semis et le sarclage ; Tps = temps ($h ha^{-1}$) ; Rdt = rendement ($kg ha^{-1}$) ; MB/JT = marge brute par journée de travail ($FCFA J^{-1}$) ; PB = produit brut ($FCFA ha^{-1}$) ; CB = charge brute ($FCFA ha^{-1}$) ; MB = marge brute ($FCFA ha^{-1}$)

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,0$

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis de regrouper les producteurs en 3 classes homogènes (C1, C2 et C3) suivant leurs pratiques culturales. L'analyse factorielle discriminante (AFD) a confirmé à 100 % les classes constituées (Figure 3). Les données du Tableau 2 montrent que la classe C1 (24 producteurs) est caractérisée par des parcelles dont l'âge de mise en culture est la plus faible (10 ans) et sur lesquelles les semis du maïs ont été réalisés le plus tardivement par rapport aux autres classes. La classe C2 (3 producteurs) se distingue par des parcelles dont l'âge de mise en culture est le plus élevé, un apport précoce d'urée, un sarclage tardif, une densité de maïs faible et une insertion précoce du mucuna (15 jours après le maïs contre 40 jours recommandés par l'itinéraire technique). Les individus de la classe C3 (9 producteurs) ont réalisé des semis les plus précoces sur des parcelles ayant un effet précédent cultural élevé. Ils ont observé une densité de peuplement de maïs plus élevée que celles des autres classes. On note que la classe C3 a obtenu les meilleurs rendements en maïs, aussi bien en grains qu'en tiges. On enregistre un produit brut, une marge brute et une marge brute par journée de travail significativement plus élevés (au seuil de 5 %) pour la classe C3. La charge brute est statistiquement similaire (au seuil de 5 %) pour les 3 classes.

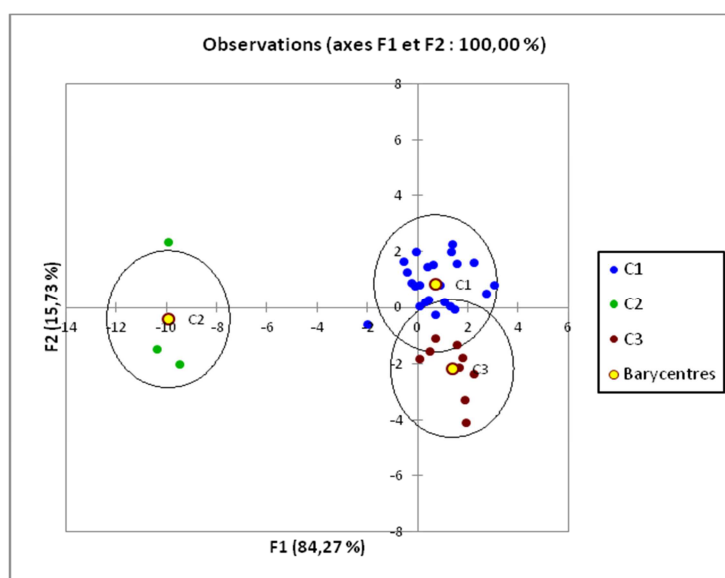


Figure 3: Projection des sous populations C1 (n = 24), C2 (n = 3) et C3 (n = 9) dans le plan formé par les axes de l'analyse factorielle discriminante (AFD) pour l'association maïs-mucuna

Tableau 2: Classification des producteurs suivant l'âge de mise en culture de la parcelle, l'arrière effet des précédents culturaux et la diversité des itinéraires techniques pour l'association maïs-mucuna

Classes	C1 (n = 24)	C2 (n = 3)	C3 (n = 9)	F	Pr > F	Significatif
Age champ (an)	10 ^a ± 1	19 ^b ± 2	14 ^{ab} ± 2	3,870	0,031	Oui
Arrière effet 3 ans	0,87 ^a ± 0,14	0,33 ^a ± 0,33	1,58 ^b ± 0,21	5,432	0,009	Oui
Ecart 1 ^{er} semis	23 ^b ± 1	19 ^{ab} ± 2	15 ^a ± 2	6,630	0,004	Oui
Sem M-NPK	18 ^a ± 1	15 ^a ± 1	18 ^a ± 1	0,968	0,390	Non
Sem M-Urée	46 ^b ± 2	31 ^a ± 8	42 ^b ± 2	5,318	0,010	Oui
Sem-Sarc	30 ^a ± 2	41 ^a ± 4	32 ^a ± 4	1,720	0,195	Non
Sem M-Muc	43 ^b ± 2	15 ^a ± 8	47 ^b ± 2	20,436	< 0,0001	Oui
Densité M	32 326 ^a ± 1 269	25 370 ^a ± 6 006	38 704 ^b ± 2 233	5,345	0,010	Oui
Densité Muc	8 565 ^a ± 1 276	8 704 ^a ± 2 976	9 321 ^a ± 1 647	0,054	0,948	Non
Tps travail	68,73 ^a ± 6,59	30,96 ^a ± 6,29	63,38 ^a ± 13,19	1,712	0,196	Non
Rdt Maïs grain	1 078,36 ^a ± 99,30	958,91 ^a ± 519,54	2 069,78 ^b ± 276,09	9,007	0,001	Oui
Rdt Maïs tige	1 487,25 ^a ± 99,07	1 432,17 ^a ± 604,40	2 275,54 ^b ± 235,49	6,070	0,006	Oui
Rdt Muc fane	147,71 ^a ± 20,08	161,99 ^a ± 106,88	187,04 ^a ± 36,78	0,431	0,653	Non
MB/JT	282 ^a ± 187	1 147 ^{ab} ± 1 515	2 764 ^b ± 477	13,473	< 0,0001	Oui
Rtd tige + fane	1 634,96 ^a ± 103,76	1 594,16 ^a ± 623,10	2 462,58 ^b ± 247,40	6,089	0,006	Oui
CB	136 645 ^a ± 8 186	81 136 ^a ± 17 354	136 895 ^a ± 15 463	2,502	0,097	Non
PB	149 617 ^a ± 12 227	135 124 ^a ± 67 529	279 452 ^b ± 35 895	9,541	0,001	Oui
MB	12 972 ^a ± 11 985	53 988 ^{ab} ± 51 039	142 557 ^b ± 25 386	12,843	< 0,0001	Oui

Légende : Ecart 1^{er} semis = nombre de jours entre la date du premier semis du maïs (21 juin) et les autres dates de semis (jours) ; Sem M-Muc = nombre de jours entre le semis du maïs et celui du mucuna ; Sem M-NPK = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport de NPK ; Sem M-Urée = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport d'urée ; Sem-Sarc = nombre de jours entre le semis et le sarclage ; Tps = temps (j ha⁻¹) ; Rdt = rendement (kg ha⁻¹) ; MB/JT = marge brute par journée de travail (FCFA J⁻¹) ; PB = produit brut (FCFA ha⁻¹) ; CB = charge brute (FCFA ha⁻¹) ; MB = marge brute (FCFA ha⁻¹)

3.2 EFFET DE LA MICRO-DOSE SUR LES PERFORMANCES AGRONOMIQUES ET ÉCONOMIQUES DES CULTURES ASSOCIÉES MAÏS-MUCUNA

Pour la classe C3 (9 producteurs) qui a obtenu les meilleures performances agronomiques et économiques pour le traitement avec micro-dose d'engrais, les résultats obtenus sur les temps de travaux, montrent qu'il n'y a pas de différence significative (au seuil de 5 %) entre le traitement 1 (MMdP) (58,92 ± 11,15 J ha⁻¹) et le traitement 2 (MMmD) (63,38 ± 13,19 J ha⁻¹) bien qu'on note une tendance à la hausse avec le traitement 2 (MMmD).

Les résultats sur les rendements du maïs et du mucuna montrent que la différence n'est pas significative au seuil de 5 % entre les traitements 1 et 2 (Figure 4). Toutefois, on observe une tendance à l'augmentation des rendements du maïs sur le traitement 2 par rapport au traitement 1. Les densités de maïs enregistrées sont de 37 562 et 38 704 pieds ha⁻¹ respectivement pour les traitements 1 et 2. Ces densités sont inférieures à celle recommandé par l'itinéraire technique co-défini qui était de 62 500 pieds ha⁻¹.

On note que la charge brute a tendance à baisser sur le traitement 2 par rapport au traitement 1 bien qu'il n'y ait pas de différence significative au seuil de 5 % (Figure 5). La différence observée entre les produits bruts et les marges brutes des 2 traitements n'est pas significative au seuil de 5 %. Il en est de même pour la marge brute par journée de travail qui est de 2 290 ± 901 et 2 764 ± 477 FCFA J⁻¹ respectivement pour les traitements 1 et 2.

Pour la classe C1, les résultats montrent qu'il y a une différence significative au seuil de 5 % entre les 2 traitements pour la marge brute par journée de travail, la charge brute et la marge brute (Tableau 3). Pour les autres variables, il n'y a pas de différence significative entre les traitements 2 et 1.

Pour la classe C2, les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % entre les 2 traitements aussi bien pour les paramètres agronomiques qu'économiques (Tableau 3).

Tableau 3 : Effet de la micro-dose sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées maïs-mucuna pour les classes C1 et C2

Classe C1 (n = 24)					
Variables	Traitement 1 (MM dP)	Traitement 2 (MM mD)	F	Pr > F	Significatif
Densité Maïs	30 498 ^a ± 1331	32 326 ^a ± 1 269	0,989	0,325	Non
Densité Mucuna	9 155 ^a ± 995	8 565 ^a ± 1 276	0,133	0,717	Non
Tps travail	68,37 ^a ± 7,83	68,73 ^a ± 6,59	0,001	0,972	Non
Rdt Maïs grain	970,88 ^a ± 109,91	1 078,36 ^a ± 99,30	0,526	0,472	Non
Rdt Maïs tige	1 267,80 ^a ± 90,11	1 487,25 ^a ± 99,07	2,685	0,108	Non
Rdt Muc fane	171,78 ^a ± 22,67	147,71 ^a ± 20,08	0,632	0,431	Non
MB/JT	-402 ^a ± 209,16	282 ^b ± 187	5,950	0,019	Oui
Rtd tige + fane	1 439,57 ^a ± 85,34	1 634,96 ^a ± 103,76	2,115	0,153	Non
CB	163 152 ^a ± 10 086	136 645 ^b ± 8 186	4,164	0,047	Oui
PB	136 288 ^a ± 13 881	149 617 ^a ± 12 227	0,519	0,475	Non
MB	-26 864 ^a ± 13 920	12 972 ^b ± 11 985	4,703	0,035	Oui
Classe C2 (n = 3)					
Densité Maïs	28 796 ^a ± 245	25 370 ^a ± 6 006	0,325	0,599	Non
Densité Mucuna	6 944 ^a ± 1 850	8 704 ^a ± 2 976	0,252	0,642	Non
Tps travail	29,00 ^a ± 7,41	30,96 ^a ± 6,29	0,040	0,850	Non
Rdt Maïs grain	960,67 ^a ± 132,88	958,91 ^a ± 519,54	0,000	0,998	Non
Rdt Maïs tige	1 484,42 ^a ± 251,27	1 432,17 ^a ± 604,40	0,006	0,940	Non
Rdt Muc fane	102,05 ^a ± 23,74	161,99 ^a ± 106,88	0,300	0,613	Non
MB/JT	1 511 ^a ± 1 054	1 147 ^a ± 1 515	0,039	0,853	Non
Rtd tige + fane	1 586,47 ^a ± 254,64	1 594,16 ^a ± 623,10	0,000	0,991	Non
CB	101 838 ^a ± 20 013	81 136 ^a ± 17 354	0,611	0,478	Non
PB	132 609 ^a ± 16 968	135 124 ^a ± 67 529	0,001	0,973	Non
MB	30 771 ^a ± 14 499	53 988 ^a ± 51 039	0,191	0,684	Non

Légende : **MMdP (traitement 1)** = maïs-mucunae + NPK (150 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application classique (à la volée/broadcast) ; **MMmD (traitement 2)** = maïs-mucuna + NPK (75 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application en micro-dose (1,2 g + 0,8 g poquet⁻¹), Densité (pieds ha⁻¹) ; Tps = temps (j ha⁻¹) ; Rdt = rendement (kg ha⁻¹) ; MB/JT = marge brute par journée de travail (FCFA J⁻¹) ; PB = produit brut (FCFA ha⁻¹) ; CB = charge brute (FCFA ha⁻¹) ; MB = marge brute (FCFA ha⁻¹)

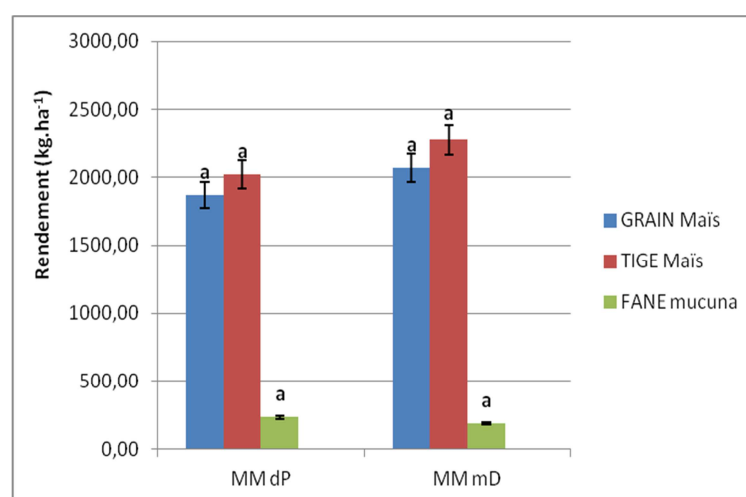


Figure 4: effet de la micro-dose sur les rendements des cultures associées maïs-mucuna pour la classe 3

MMdP (traitement 1) = maïs-mucuna + NPK (150 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application classique (à la volée/broadcast) ; **MMmD (traitement 2)** = maïs-mucuna + NPK (75 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application en micro-dose (1,2 g + 0,8 g poquet⁻¹)

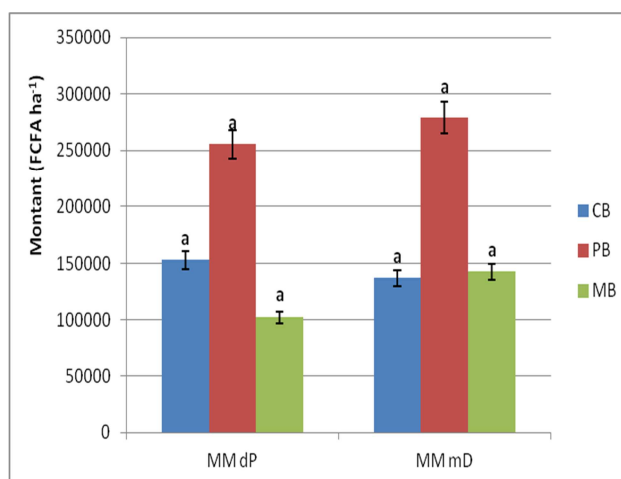


Figure 5: Effet de la micro-dose sur les performances économiques des cultures associées maïs-mucuna pour la classe 3

MMdP (traitement 1) = maïs-mucuna + NPK (150 kg ha^{-1}) + urée (50 kg ha^{-1}) en application classique (à la volée/broadcast); **MMmD (traitement 2)** = maïs-mucuna + NPK (75 kg ha^{-1}) + urée (50 kg ha^{-1}) en application en micro-dose ($1,2 \text{ g} + 0,8 \text{ g poquet}^{-1}$); PB = produit brut (FCFA ha^{-1}); CB = charge brute (FCFA ha^{-1}); MB = marge brute (FCFA ha^{-1})

3.3 DIVERSITÉ DES PRATIQUES DE PRODUCTION DES ASSOCIATIONS MAÏS-POIS D'ANGOLE

Le Tableau 4 montre que les rendements (grain et tige) du maïs sont positivement corrélés à sa densité de peuplement. Le rendement en grain de maïs est négativement corrélé à la date de semis. On note également que le rendement fane du pois d'Angole est corrélé positivement à sa densité.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis de regrouper les producteurs en 3 classes homogènes (C1, C2 et C3) suivant leurs pratiques culturales. L'analyse factorielle discriminante (AFD) a confirmé à 100 % les classes constituées (Figure 6). Le Tableau 5 montre que la classe C1 (7 producteurs) est caractérisée par des parcelles dont l'âge de mise en culture est la plus faible et sur lesquelles les semis du maïs ont été réalisés les plus tardivement. Les producteurs de cette classe C1 ont enregistré le travail le plus élevé ainsi que la charge brute. La classe C2 (9 producteurs) se distingue par des densités de maïs et de pois d'Angole les plus faibles, un rendement en tige de maïs faible. Chez les expérimentateurs de la classe C3 (20 producteurs) on observe les densités de peuplement de maïs et de pois d'Angole les plus élevées. On note que la classe C3 a obtenu les meilleurs rendements en tiges de maïs et en fanes de pois d'Angole par rapport aux classes C1 et C2. La différence entre les rendements en grain de maïs n'est pas significative (au seuil de 5 %) entre les 3 classes. On enregistre un produit brut, une marge brute et une marge brute par journée de travail significativement plus élevés (au seuil de 5 %) pour la classe C3 comparée aux classes C1 et C2.

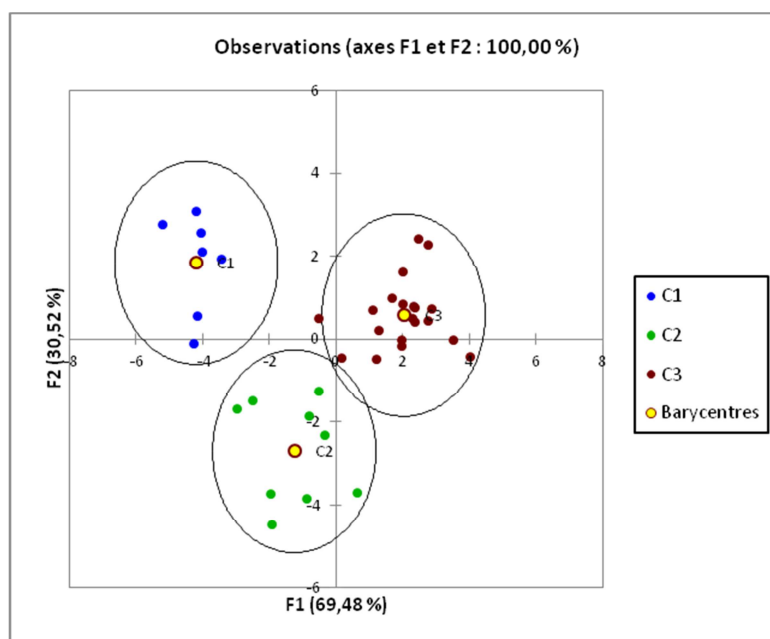


Figure 6: Projection des sous populations C1 (n = 7), C2 (n = 9) et C3 (n = 20) dans le plan formé par les axes de l'analyse factorielle discriminante (AFD) pour l'association maïs-pois d'Angole

Tableau 4: Matrice de corrélation (issue de l'analyse en composantes principales) entre les conditions de productions, les caractéristiques des exploitations, les itinéraires techniques et les rendements des cultures associées maïs-pois d'Angole

Variables	Age champ	Arrière effet	Ecart 1 ^{er} semis	Sem M-NPK	Sem M-Urée	Sem-Sarc	Sem M-PA	Densité M	Densité PA	Tps travail	Rdt Maïs grain	Rdt Maïs tige	Rdt PA fane	MB/JT	Rtd tige + fane	CB	PB	MB
Age champ (an)	1																	
Arrière effet 3 ans	0,050	1																
Ecart 1 ^{er} semis	-0,270	-0,385	1															
Sem M-NPK	0,067	0,232	-0,085	1														
Sem M-Urée	-0,371	-0,139	0,274	0,004	1													
Sem-Sarc	-0,079	-0,209	0,145	-0,288	-0,022	1												
Sem M-PA	0,119	-0,091	-0,027	0,123	-0,073	0,022	1											
Densité M	-0,019	0,216	-0,004	0,142	0,152	0,073	0,052	1										
Densité PA	0,072	0,112	0,114	-0,147	0,012	0,033	-0,204	0,624	1									
Tps travail	-0,227	0,022	0,071	0,001	-0,001	0,159	0,180	0,292	-0,016	1								
Rdt Maïs grain	-0,050	0,304	-0,357	-0,039	-0,036	0,162	0,183	0,401	0,135	0,315	1							
Rdt Maïs tige	0,074	0,290	-0,124	-0,053	-0,081	-0,042	0,144	0,565	0,411	0,381	0,588	1						
Rdt PA fane	0,070	0,211	0,000	-0,144	-0,007	-0,226	-0,219	0,362	0,583	-0,028	0,110	0,324	1					
MB/JT	0,155	0,291	-0,263	-0,113	0,025	-0,056	-0,041	0,389	0,416	-0,327	0,516	0,357	0,426	1				
Rtd tige + fane	0,089	0,305	-0,072	-0,124	-0,052	-0,171	-0,058	0,563	0,616	0,204	0,414	0,792	0,834	0,483	1			
CB	-0,282	0,011	-0,068	-0,009	-0,123	0,110	0,173	0,270	-0,013	0,863	0,497	0,404	0,007	-0,261	0,240	1		
PB	-0,010	0,342	-0,320	-0,091	-0,036	0,071	0,089	0,495	0,330	0,281	0,937	0,655	0,449	0,609	0,672	0,457	1	
MB	0,136	0,378	-0,324	-0,097	0,023	0,022	0,009	0,416	0,378	-0,136	0,793	0,525	0,501	0,821	0,630	-0,009	0,885	1

Légende : Ecart 1^{er} semis = nombre de jours entre la date du premier semis du maïs (21 juin) et les autres dates de semis (jours) ; Sem M-PA = nombre de jours entre le semis du maïs et celui du pois d'Angole ; Sem M-NPK = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport de NPK ; Sem M-Urée = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport d'urée ; Sem-Sarc = nombre de jours entre le semis et le sarclage ; Tps = temps (j ha⁻¹) ; Rdt = rendement (kg ha⁻¹) ; MB/JT = marge brute par journée de travail (FCFA J⁻¹) ; PB = produit brut (FCFA ha⁻¹) ; CB = charge brute (FCFA ha⁻¹) ; MB = marge brute (FCFA ha⁻¹)

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

Tableau 5 Classification des producteurs suivant l'âge de mise en culture de la parcelle, l'arrière effet des précédents culturaux et la diversité des itinéraires techniques pour l'association maïs-pois d'Angole

Classe	C1 (n = 7)	C2 (n = 9)	C3 (n = 20)	F	Pr > F	Significatif
Age champ (an)	6 ^a ± 2	14 ^b ± 2	13 ^b ± 1	4,046	0,027	Oui
Arrière effet 3 ans	0,62 ^a ± 0,18	0,92 ^a ± 0,28	1,16 ^a ± 0,17	1,468	0,245	Non
Ecart 1 ^{er} semis	28 ^b ± 1	19 ^a ± 3	20 ^a ± 1	5,905	0,006	Oui
Sem M-NPK	18 ^a ± 1	20 ^a ± 2	17 ^a ± 1	2,430	0,104	Non
Sem M-Urée	49 ^a ± 4	38 ^a ± 4	44 ^a ± 1	2,855	0,072	Non
Sem-Sarc	39 ^a ± 3	30 ^a ± 3	29 ^a ± 2	2,972	0,065	Non
Sem M-PA	7 ^a ± 5	2 ^a ± 1	1 ^a ± 1	2,384	0,108	Non
Densité M	34 206 ^b ± 2 035	27 338 ^a ± 2 119	36 264 ^b ± 1 018	9,211	0,001	Oui
Densité PA	12 857 ^{ab} ± 2 501	10 394 ^a ± 1 555	19 042 ^b ± 1 747	5,512	0,009	Oui
Tps travail	97,92 ^b ± 17,53	45,77 ^a ± 4,38	54,71 ^a ± 6,34	6,927	0,003	Oui
Rdt Maïs grain	1 256,48 ^a ± 320,22	842,40 ^a ± 119,12	1 337,82 ^a ± 145,10	1,923	0,162	Non
Rdt Maïs tige	1 516,32 ^{ab} ± 161,75	1 129,05 ^a ± 123,51	1 787,77 ^b ± 132,36	5,066	0,012	Oui
Rdt PA fane	572,97 ^a ± 110,79	677,50 ^a ± 114,99	1 429,25 ^b ± 135,93	11,071	0,000	Oui
Rdt tige + fane	2 089,29 ^a ± 210,46	1 806,56 ^a ± 199,39	3 217,03 ^b ± 193,97	13,042	< 0,0001	Oui
MB/JT	-68 ^a ± 361	115 ^a ± 332	2 136 ^b ± 438	6,892	0,003	Oui
CB	190 926 ^b ± 24 019	137 110 ^a ± 5 165	157 410 ^{ab} ± 8 434	3,567	0,040	Oui
PB	193 290 ^{ab} ± 38 883	144 821 ^a ± 15 204	248 598 ^b ± 19 805	5,029	0,012	Oui
MB	2 363 ^a ± 28 979	7 711 ^a ± 15 109	91 188 ^b ± 17 723	6,325	0,005	Oui

Légende : Ecart 1^{er} semis = nombre de jours entre la date du premier semis du maïs (21 juin) et les autres dates de semis (jours) ; Sem M-PA = nombre de jours entre le semis du maïs et celui du pois d'Angole ; Sem M-NPK = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport de NPK ; Sem M-Urée = nombre de jours entre le semis du maïs et l'apport d'urée ; Sem-Sarc = nombre de jours entre le semis et le sarclage ; Tps = temps (j ha⁻¹) ; Rdt = rendement (kg ha⁻¹) ; MB/JT = marge brute par journée de travail (FCFA J⁻¹) ; PB = produit brut (FCFA ha⁻¹) ; CB = charge brute (FCFA ha⁻¹) ; MB = marge brute (FCFA ha⁻¹)

3.4 EFFET DE LA MICRO-DOSE SUR LES PERFORMANCES AGRONOMIQUES ET ÉCONOMIQUES DES CULTURES ASSOCIÉES MAÏS-POIS D'ANGOLE

Pour la classe C3 (20 producteurs) qui a obtenu les meilleures performances agronomiques et économiques pour le traitement avec micro-dose d'engrais, nos résultats montrent que la différence obtenue entre les temps de travaux des traitements 3 (MPAdP) (52,30 ± 6,13 J ha⁻¹) et 4 (MPAmD) (54,71 ± 6,34 J ha⁻¹) n'est pas significative (au seuil de 5 %).

Les résultats sur les rendements du maïs et du pois d'Angole montrent que la différence n'est pas significative au seuil de 5 % entre les traitements 3 et 4 (Figure 7). Toutefois, on observe une tendance à l'augmentation des rendements sur le traitement 4 par rapport au traitement 3. Les densités de maïs enregistrées sont de 35 125 et 36 264 pieds ha⁻¹ respectivement pour les traitements 3 et 4. Ces densités sont également inférieures à celle recommandé par l'itinéraire technique co-défini qui était de 62 500 pieds ha⁻¹.

L'analyse des données économiques montre que les différences observées entre la charge brute, le produit brut et la marge brute des 2 traitements ne sont pas significatives au seuil de 5 % (Figure 8). Toutefois, on note qu'excepté la charge brute, les autres variables économiques ont tendance à augmenter sur le traitement 4 par rapport au traitement 3. Il en est de même pour la marge brute par journée de travail qui est de 1 545 ± 635 et 2 136 ± 438 FCFA J⁻¹ respectivement pour 3 et 4.

Pour la classe C1, les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % entre les 2 traitements (Tableau 6). Toutefois, le traitement 4 a tendance à être plus performant que le traitement 3 qui est la pratique paysanne.

Pour la classe C2, les résultats montrent également qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % entre les 2 traitements pour toutes les variables (Tableau 6), excepté la charge brute qui est significativement plus élevée pour le traitement 3 (159 067^a ± 5 615 FCFA ha⁻¹) comparativement au traitement 4 (137 110^b ± 5 165 FCFA ha⁻¹).

Tableau 6 : Effet de la micro-dose sur les performances agronomiques et économiques des cultures associées maïs-pois d'Angole pour les classes C1 et C2

Classe C1 (n = 7)					
Variabes	Traitement 3 (MPA dP)	Traitement 4 (MPA mD)	F	Pr > F	Significatif
Densité M	31 429 ^a ± 2 577	34 206 ^a ± 2 035	0,716	0,414	Non
Densité PA	10 357 ^a ± 1 448	12 857 ^a ± 2 501	0,748	0,404	Non
Tps travail	103,95 ^a ± 23,72	97,92 ^a ± 17,53	0,042	0,841	Non
Rdt Maïs grain	1 096,27 ^a ± 346,27	1 256,48 ^a ± 320,22	0,115	0,740	Non
Rdt Maïs tige	1 465,07 ^a ± 307,59	1 516,32 ^a ± 161,75	0,022	0,885	Non
Rdt PA fane	601,94 ^a ± 197,11	572,97 ^a ± 110,79	0,016	0,900	Non
Rdt tige + fane	2 067,01 ^a ± 402,16	2 089,29 ^a ± 210,46	0,002	0,962	Non
MB/JT	-739 ^a ± 511	-68 ^a ± 361	1,032	0,330	Non
CB	222 858 ^a ± 30 681	190 926 ^a ± 24 019	0,672	0,428	Non
PB	174 456 ^a ± 44 591	193 290 ^a ± 38 883	0,101	0,756	Non
MB	-48 401 ^a ± 29 589	2 363 ^a ± 28 979	1,502	0,244	Non
Classe C2 (n = 9)					
Densité M	24 290 ^a ± 2 384	27 338 ^a ± 2 119	0,913	0,354	Non
Densité PA	13 796 ^a ± 1 823	10 394 ^a ± 1 555	2,016	0,175	Non
Tps travail	43,84 ^a ± 4,74	45,77 ^a ± 4,38	0,090	0,768	Non
Rdt Maïs grain	703,74 ^a ± 130,32	842,40 ^a ± 119,12	0,617	0,444	Non
Rdt Maïs tige	1 037,30 ^a ± 198,95	1 129,05 ^a ± 123,51	0,154	0,700	Non
Rdt PA fane	725,73 ^a ± 82,82	677,50 ^a ± 114,99	0,116	0,738	Non
Rdt tige + fane	1 763,03 ^a ± 272,31	1 806,56 ^a ± 199,39	0,017	0,899	Non
MB/JT	-922 ^a ± 473	115 ^a ± 332	3,223	0,092	Non
CB	159 067 ^a ± 5 615	137 110 ^b ± 5 165	8,283	0,011	Oui
PB	129 441 ^a ± 19 380	144 821 ^a ± 15 204	0,390	0,541	Non
MB	-29 626 ^a ± 19 690	7 711 ^a ± 15 109	2,263	0,152	Non

Légende : MPA dP (traitement 3) = maïs-pois d'Angole + NPK (150 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application classique (à la volée/broadcast) ; MPA mD (traitement 4) = maïs-pois d'Angole + NPK (75 kg ha⁻¹) + urée (50 kg ha⁻¹) en application en micro-dose (1,2 g + 0,8 g poquet⁻¹), Densité (pieds ha⁻¹) ; Tps = temps (j ha⁻¹) ; Rdt = rendement (kg ha⁻¹) ; MB/JT = marge brute par journée de travail (FCFA J⁻¹) ; PB = produit brut (FCFA ha⁻¹) ; CB = charge brute (FCFA ha⁻¹) ; MB = marge brute (FCFA ha⁻¹)

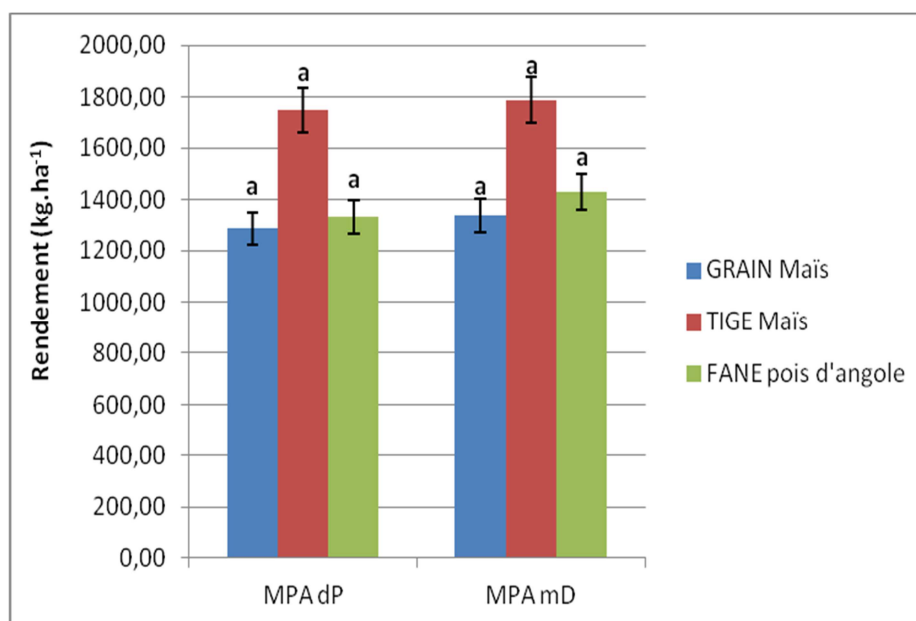


Figure 7: Effet de la micro-dose sur les rendements des cultures associées maïs-pois d'Angole pour la classe 3

MPAdP (traitement 3) = maïs-pois d'Angole + NPK (150 kg ha^{-1}) + urée (50 kg ha^{-1}) en application classique (à la volée/broadcast) ; **MPAmD (traitement 4)** = maïs-pois d'Angole + NPK (75 kg ha^{-1}) + urée (50 kg ha^{-1}) en application en micro-dose ($1,2 \text{ g} + 0,8 \text{ g poquet}^{-1}$).

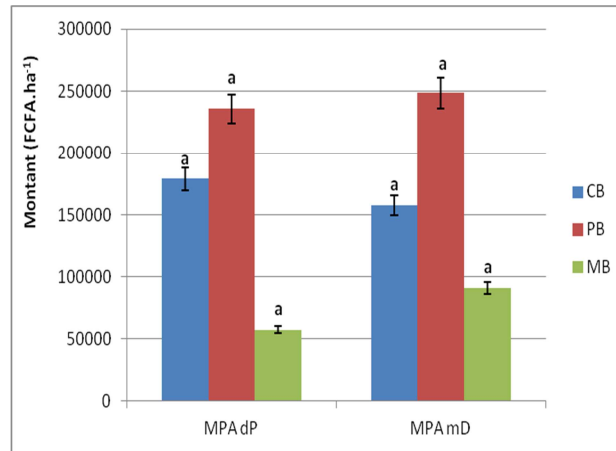


Figure 8: Effet de la micro-dose sur les performances économiques des cultures associées maïs-pois d'Angole pour la classe 3

MPAdP (traitement 3) = maïs-pois d'Angole + NPK (150 kg ha^{-1}) + urée (50 kg ha^{-1}) en application classique (à la volée/broadcast) ; **MPAmD (traitement 4)** = maïs-pois d'Angole + NPK (75 kg ha^{-1}) + urée (50 kg ha^{-1}) en application en micro-dose ($1,2 \text{ g} + 0,8 \text{ g poquet}^{-1}$) ; PB = produit brut (FCFA ha^{-1}) ; CB = charge brute (FCFA ha^{-1}) ; MB = marge brute (FCFA ha^{-1}).

4 DISCUSSION

Nos travaux antérieurs ont montré que les cultures associées maïs-légumineuses permettraient de produire plus de biomasse par rapport aux cultures pures [5], [13]. C'est sur la base de ces travaux que les acteurs de terrain et les chercheurs, lors de la co-construction des protocoles et de l'itinéraire technique (ITC), ont retenu de poursuivre les investigations sur ces cultures associées en intégrant le volet fertilisation chimique. Les objectifs auxquels devraient répondre ces protocoles et ITC étaient la production de biomasse en quantité et en qualité et la réduction des charges liées à l'achat des engrais minéraux dont le coût d'achat est de plus en plus élevé pour les agriculteurs. C'est dans ce sens que la quantité du complexe NPK a été réduite de moitié par rapport à la dose recommandée et son apport a été localisé comparativement à l'apport à la volée qui est la pratique actuelle dans la zone d'étude.

L'analyse des résultats sur la diversité des pratiques de production des associations maïs-mucuna et maïs-pois d'Angole montre que les meilleures performances agronomiques et économiques sont obtenues par les producteurs ayant effectué des semis précoces et observé également des densités de peuplement les plus importantes. On pourrait dire que les écarts de semis et les densités de cultures sont les facteurs de variabilité de production des cultures associées [14], [5], [15]. On note également que l'arrière effet des apports d'engrais sur les précédents culturaux des 3 dernières années influence les rendements. Cela montre que l'ordre de rotation (coton-maïs) observé par les agriculteurs en zone cotonnière, vise à permettre aux cultures de bénéficier des arrières effets des fertilisants chimiques [16].

Les itinéraires techniques (semis précoces, arrière effet du précédent cultural élevé, densité élevée du maïs) pouvant donc permettre d'avoir de bons résultats agronomiques et économiques seraient ceux observés par la classe C3 pour l'association maïs-mucuna et la classe C3 pour l'association maïs-pois d'Angole. Les 2 classes C3 ne sont pas constituées des mêmes producteurs.

Les données sur les temps de travaux ne révèlent pas de différence significative entre les traitements 1 et 3 avec application à la volée comparés aux traitements 2 et 4 avec micro-dose localisées respectivement. Toutefois, on note une tendance à l'augmentation des temps de travaux sur les traitements 2 et 4. Cela peut s'expliquer par le fait que l'apport localisé exigerait plus de temps par rapport à l'apport à la volée.

Les résultats sur les rendements montrent que l'apport localisé d'engrais entraîne une augmentation des productions du maïs par rapport à l'apport à la volée, de façon non significative au seuil de 5%. On peut dire que l'apport localisé concentre l'engrais aux pieds des cultures, ce qui favoriserait une meilleure utilisation par rapport à l'application à la volée qui induirait des pertes. Coulibaly *et al.* [17] ont montré que la micro-dose localisée d'engrais permettrait des augmentations de rendements de sorgho de l'ordre de 60 à 130%. La fiche d'information de la FAO [18] indique qu'avec l'application de la

micro-dose, les rendements de sorgho et de mil étaient de 44 à 120 % supérieurs à ceux des amendements et pratiques de fertilisation précédemment conseillés.

Les données montrent que les produits bruts, les marges brutes et la marge brute par journée de travail, évoluent dans le même sens que les rendements des cultures. La différence enregistrée entre les traitements n'est pas significative au seuil de 5 %. On peut dire que la réduction de la quantité d'engrais NPK de moitié par rapport à la dose paysanne, serait profitable pour les agriculteurs de la zone d'étude qui évoquent les coûts élevés des engrais chimiques.

On note que les rendements en fourrage total (tiges de maïs + fanes de légumineuses) sur les essais maïs-pois d'Angole (plus de 3 200 kg ha⁻¹) sont supérieurs à ceux sur les essais maïs-mucuna (moins de 2 500 kg ha⁻¹). On peut faire l'hypothèse que dans un milieu où les sols sont pauvres du fait de leur surexploitation et où il manque du fourrage pour les animaux, les associations maïs-pois d'Angole sont les plus adaptées pour assurer la sécurité fourragère (production de fourrages). Le pois d'Angole (près de 1 500 kg ha⁻¹) est une légumineuse qui produit plus de biomasse par rapport au mucuna (moins de 500 kg ha⁻¹) dans les conditions de l'essai. Toutefois, il faut noter que le pois d'Angole produit plus de tiges lignifiées que le mucuna, donc il aurait une qualité inférieure à celle du mucuna. Les rendements en grain de maïs montrent que le système qui associe le maïs et le mucuna (plus de 2 000 kg ha⁻¹) est plus performant que celui qui associe le maïs et le pois d'Angole (moins de 1 500 kg ha⁻¹) toujours dans les conditions de l'essai. On pourrait dire que dans les conditions de l'essai la concurrence entre le maïs et le pois d'Angole est plus importante que celle entre le maïs et le mucuna pour l'eau et les éléments nutritifs.

La démarche d'expérimentation chez et par les paysans a permis de déterminer la diversité des pratiques paysannes en partant d'un itinéraire technique théorique co-élaboré. Cette diversité de pratiques pourrait s'expliquer par le fait que certaines exploitations auraient eu des contraintes (main d'œuvre, faible équipement en matériel agricole, etc.), ou d'autres auraient développé des stratégies lors de la mise en œuvre des expérimentations. Cette démarche aurait donc l'avantage de prendre en compte les capacités réelles des exploitations et les conditions réelles du milieu pour l'élaboration des itinéraires techniques des cultures associées céréales-légumineuses avec les paysans.

Les légumineuses sont reconnues comme des espèces qui peuvent fixer l'azote atmosphérique et le recycler dans les systèmes de culture [19], [20], [21]. L'insertion localisée d'engrais couplée avec la réduction de la dose d'engrais chimie présenteraient un avantage certain pour les producteurs de la zone cotonnière de l'Ouest de Burkina Faso. Les plateformes d'innovation en construction dans le cadre du « **projet intensification agroécologique (iAE)** » financé par le CORAF/WECARD sont des outils pour faciliter l'adoption de ces techniques expérimentées.

5 CONCLUSION

L'étude indique que les facteurs de variabilité des cultures associées sont les dates de semis (précoces ou tardifs), la densité de peuplement et le niveau de fertilité des sols (arrière effet des précédents culturaux). Il ressort également de l'étude, qu'en diminuant de moitié la quantité d'engrais NPK et en effectuant un apport localisé, on obtiendrait une augmentation non significative des rendements en grain de maïs de 4 et 11 % respectivement pour l'association maïs-pois d'Angole et maïs-mucuna, par rapport à un épandage à la volée avec la dose recommandée (150 kg ha⁻¹ de NPK). L'apport localisé n'engendre pas de temps de travail supplémentaire de façon significative. Les augmentations de produit brut, de marge brute et de marge brute par journée de travail sont réelles pour les traitements avec micro-dose, sans être suffisamment importante pour être significatives.

L'analyse comparative des deux types d'association montre que le maïs-pois d'Angole peut permettre de produire plus de fourrage (tige + fane) et moins de grain de maïs que l'association maïs-mucuna dans les conditions de l'essai.

En perspective, les fourrages produits seront valorisés dans les ateliers d'embouche bovine et ovine en saison sèche. Les fumures organiques qui seront produites dans ces ateliers d'embouche, seront utilisées pour de nouveaux essais agronomiques en saison hivernale 2013. La réduction d'engrais chimiques avec l'utilisation de fumure organique et l'insertion des légumineuses auraient des effets positifs sur l'environnement. Tout en mettant à profit les plateformes d'innovation pour la diffusion et l'adoption des techniques expérimentées, des études socio-économiques seront envisagées pour évaluer leur durabilité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le projet « *intensification agroécologique (IAE)* » financé par le CORAF/WECARD et les producteurs des villages de Koumbia et GombéléDougou.

REFERENCES

- [1] Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P.N., Bondé D. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicultura*, vol. 28, no. 3, pp. 184-189, 2010.
- [2] Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Nacro H.B., Sédogo P.M. Effets de la culture permanente coton-maïs sur l'évolution d'indicateurs de fertilité des sols de l'Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 6, no.3, pp. 1069-1080, 2012.
- [3] Diallo M. A., Vall E. Changements paysagers et dynamiques pastorales dans l'ouest du Burkina Faso. *Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants*, vol.17, pp. 175-178, 2010.
- [4] Vall E., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., Diallo M., Chia E., Traoré L., Tani F., Andrieu N., Ouattara B., Dugue P., Autfray P. Recherche action en partenariat et innovations face aux changements globaux de l'Afrique Subsaharienne. *Agronomie Africaine*, no. 6, pp. 57-66, 2013.
- [5] Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Sédogo P.M. Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes. *Tropicultura*, vol. 30, no.3, pp.147-154, 2012.
- [6] Chia E. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, no.3 & 4, pp. 233-240, 2004.
- [7] Meynard J.M. Vers des systèmes de culture innovants et performants : De la théorie à la pratique pour concevoir, piloter, évaluer, conseiller et former. *Innovations Agronomiques*, no.20, pp.143-153, 2012.
- [8] Reau R., Monnot L.A., Schaub A., Munier-Jolain N., Pambou I., Bockstaller C., Cariolle M., Chabert A., Dumans P. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innovations Agronomiques*, no. 20, pp.5-33, 2012.
- [9] Ouédraogo S., 2004. Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso. *Tropicultura*, 21 (4) : 204-210
- [10] Sanogo O.M., Ridder N., Keulen H.V. Diversité et dynamique des exploitations agricoles mixtes agriculture-élevage au sud du Mali. *Cahiers Agricultures*, vol. 19, no.3, pp. 185-193, 2010.
- [11] Morou I., Rippstein G. Développement des cultures fourragères dans le Bassin de l'Arachide au Sénégal : typologie des paysans, production de fourrages. *Animal Production Research Working Paper no. 1*, International Trypanotolerance Centre (ITC), Banjul, Gambia, p.53, 2004.
- [12] Kiendrebeogo T., Hamadou S., Logtene Y. M., Kabore-Zoungrana C.Y. Typologie des élevages porcins urbains et périurbains de Bobo -Dioulasso (Burkina Faso). *Revue Africaine de Santé et de Production Animale*, vol.6, no.3-4, pp. 205-212, 2008.
- [13] Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Nacro H.B., Sédogo P.M. Premiers résultats d'intensification écologique et démarche participative en zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, vol.24, no.2, pp.129-141, 2012.
- [14] Guibert H., M'Biandoun M., Olina J.P. Productivité et contraintes des systèmes de culture au Nord-Cameroun. In : JY Jamin, BL Seiny, C Floret (Eds.), *Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*, Actes du colloque, Garoua (Cameroun), E-Publishing, p.9, 2002.
- [15] Kiba D.I. *Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, péri-urbaine et rurale au Burkina Faso*. Thèse de doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, p.172, 2012.
- [16] Gomgnimbou P.K.A., Savadogo P.W., Nianogo A.J., Millogo-Rasolodimby J. Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la cotonculture dans la province de la KOMPIENGA (Burkina Faso). *Sciences & Nature* vol.7, no.2, pp.165-17, 2010.
- [17] Coulibaly A., Aune J.B., Sissoko P. Etablissement des cultures vivrières dans les zones sahéliennes et soudano sahélienne du Mali, 2010. *Rapport no. 60. Groupe de coordination des zones arides c/o Miljøhuset G9*. 65 p. [Online] Available : <http://www.drylands-group.org/Articles/1933.html?l=fr> (12 Février, 2013)
- [18] FAO. La fertilisation localisée au semis des cultures ou microdose. Fiche d'information, 2012. [Online] Available: <http://www.fao.org/docrep/017/ap781f/ap781f.pdf> (24 Avril, 2013)
- [19] Bado B. V. *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso*. Thèse de doctorat, Université Laval-Québec, p.197, 2002.

- [20] Eilittä M., Sollenberger L.E., Littell R.C., Harrington L.W. On-farm experiments with maize-mucuna systems in the los tuxtlas region of Veracruz, Southern Mexico. ii. Mucuna variety evaluation and subsequent maize grain yield. *Experimental Agriculture*, vol.39, pp.19–27, 2013. (DOI: 10.1017/S0014479702001114)
- [21] Justes E., Bedoussac L., Prieur L. 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*, no.4, pp.165-176, 2009.