

EVALUATION DE L'EFFET DE LA FERTILISATION MINERALE SUR LA PRODUCTION DE VARIETES AMELIOREES DE MAIS ET LE DISPONIBLE FOURRAGER EN ZONE COTONNIERE DU MALI-SUD (MALI)

D. COULIBALY, F. SISSOKO, S. DOUMBIA, A. BA, B. DEMBELE

Institut d'Economie Rurale (IER), BP 16, Sikasso, Mali Tél. : + 223 21 62 14 17 ; Fax : + 223 21 62 03 49
Auteur correspondant Email : fagayessissoko@yahoo.fr / doukangolo@yahoo.fr

RESUME

Une baisse de la fertilité des sols et des rendements des cultures céréalières (maïs, sorgho, mil) s'observe depuis 3 décennies dans la zone cotonnière du Mali Sud. Ces cultures bénéficient de l'arrière-effet des fertilisations du coton des systèmes de rotation coton-céréale-céréale ou coton-céréale-coton. L'objectif est d'évaluer les effets de deux fertilisations minérales sur la productivité de deux variétés améliorées de maïs en culture pure dans les systèmes de production. Le dispositif expérimental en blocs de Fisher dispersés comportait 4 traitements, 2 variétés améliorées de maïs et 2 fertilisations minérales chez 20 producteurs. Le rendement de la variété Dembagnuma (3 187 kg/ha) est supérieur à celui de la variété Sotubaka (2 600 kg/ha). Le rendement obtenu de la dose maximale de fumure minérale (2 863 kg/ha) n'est pas différent de celui de la dose recommandée de fumure minérale (2 924 kg/ha). La matière sèche de la variété Dembagnuma (2 924 kgMS/ha) n'est pas différente de celle de la variété Sotubaka (2 863 kgMS/ha). Elle permet de nourrir 4,24 UBT/ha et 3,99 UBT/ha en 90 jours. L'application efficace de la fertilisation minérale peut permettre d'améliorer la productivité des variétés améliorées de maïs cultivées par les producteurs dans la zone cotonnière au Mali.

Mots clés : fertilisation, maïs, variété, rendement, Mali

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZATION ON THE PRODUCTION OF IMPROVED MAIZE VARIETIES AND THE AVAILABLE FORAGE IN THE COTTON AREA OF SOUTHERN MALI (MALI)

A decline in the fertility of the soil and the crop yields grain (maize, sorghum, millet) is observed for 3 decades in the cotton area South Mali. These crops benefit from the reduced the cotton fertilizations of cotton-cereal-cereal or grain-cotton-cotton rotation systems. The goal is to evaluate the effect of two fertilizations mineral on the productivity of two improved varieties of maize in pure in production systems culture. The experimental device in blocks of Fisher spread consisted of for treatments, two varieties of maize and two mineral fertilizations from 20 producers. The yield of the Dembagnuma variety (3 187 kg/ha) is higher than that of the Sotubaka variety (2 600 kg/ha). The yield obtained with the maximum dose of mineral fertilization (2 863 kg/ha) is no different from that of the recommended dose mineral fertilization (2 924 kg/ha). Dry matter obtained of the Dembagnuma variety (2 924 kgMS/ha) is not different of the Sotubaka variety (2 863 kgMS/ha) with mineral fertilization. It allows to feed 4.24 TLUS/ha and 3.99 TLUS/ha in 90 days. The application of the mineral fertilization permits to improve the productivity of the improved varieties of maize grown by producers in the cotton area in Mali.

Key words: fertilization, maize, variety, yield, Mali

INTRODUCTION

Les études menées au cours des 3 dernières décennies ont cherché à analyser les effets des

changements globaux (climatique, pression foncière, dégradation des ressources, volatilité des prix) sur la productivité des systèmes intégrés agro-sylvo-pastoraux en Afrique de l'Ouest (Djouara *et al.*, 2006 ; Coulibaly *et al.*,

2009). Les auteurs Pieri (1989), Bationo et Mokwunye (1991) et Van der Pol, (1992) ont aussi identifié une baisse de la fertilité des sols et des rendements des céréales dans la zone cotonnière du Mali. Les systèmes de rotation coton-céréale-céréale-coton vulgarisés ont aussi connu des évolutions d'adaptation en systèmes de rotation coton-céréale-coton ou céréale-coton-céréale (Sissoko *et al.*, 2013). Les mêmes auteurs ont également rapporté que depuis les années 90, une baisse tendancielle des rendements du coton a été constatée dans la zone cotonnière du Mali. Cette évolution a eu une répercussion sur les rendements des cultures de céréales bénéficiaires de l'arrière-effet de la fertilisation du coton. Des changements ont également été observés dans les modes de gestion de la biomasse pour l'alimentation des animaux et la production de fumure organique dans la zone cotonnière du Mali-Sud (Coulibaly *et al.*, 2009 ; Coulibaly *et al.*, 2013).

Dans ce contexte, cette étude a été conduite dans le cadre du projet « Options d'intensification durable, gestion des risques et réduction de la vulnérabilité des systèmes intégrés agro-sylvo-pastoraux en zones semi-aride et subhumide d'Afrique de l'Ouest ». L'objectif est d'évaluer les effets de deux fertilisations minérales sur la productivité de deux variétés améliorées de maïs en culture pure dans les systèmes de production. Les objectifs spécifiques sont i) estimer le rendement de maïs grain des deux variétés améliorées utilisées ii) estimer la production de biomasse des deux variétés améliorées utilisées et iii) estimer la charge animale permise par les deux variétés améliorées utilisées.

MATERIEL ET METHODES

SITES D'ETUDE

L'étude a été conduite dans les zones Nord-Soudanienne (900-1000 mm) et Sud-Sahélienne (700-900 mm) dans la région de Sikasso. Le choix des quatre villages de recherche a tenu aussi en compte le découpage territorial de la décentralisation et la proximité des marchés des villes de Sikasso et Koutiala. Dans la zone Nord-Soudanienne ont ainsi été retenus les villages de Fama et Siramana de la commune rurale de Fama du cercle de Sikasso et dans la zone Sud-Sahélienne les villages de Try et N'Goukan de la commune rurale de Sincina du cercle de Koutiala.

MATERIEL VEGETAL

Les variétés suivantes de maïs ont été testées en milieu paysan :

V1 : Variété améliorée *SUWAN 1 SR* (ou Sotubaka), origine IITA-CYMT/ Mali IER, 1985, productivité au champ moyenne (jusqu'à 7 t/ha), variété résistante à la striure, graine jaune cornée bien appréciée en boulangerie, en brasserie et en aviculture (Coulibaly, 1998 ; Coulibaly et Traoré, 2006).

V2 : Variété améliorée *Obatampa* (ou Dembagnuma), origine Ghana, 1998 productivité au champ moyenne (5 t/ha), variété riche en lysine et tryptophane, perspectives intéressantes pour l'aviculture (production des œufs) et pour la nutrition des enfants (Coulibaly, 1998 ; Coulibaly et Traoré, 2006).

INTRANTS

Les intrants utilisés ont été la fumure organique (FO) et la fumure minérale : le complexe céréale (CC) de formule 15 N- 15 P-15 K et de l'urée 46 % N. Les fertilisations minérales ont été définies en partenariat avec les producteurs des CCV. Elles sont en rapport avec leurs capacités de production de fumures organiques et leurs stratégies et objectifs d'application de la fumure minérale à la culture du maïs. Ainsi, la dose de 6 tonnes de fumure organique de fonds a été apportée par chaque producteur.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental en blocs de Fisher dispersés de superficie de 0,5 ha était constitué de 4 traitements combinant chacun une variété améliorée de maïs et deux fertilisations minérales. La FO de 6 tonnes/ha et la fertilisation minérale (F1) de 100 kg de Complexe Céréale (CC)/ha plus 150 kg urée/ha sont les doses recommandées par la recherche sur la culture du maïs (Sissoko *et al.*, 2013). Quant à la fertilisation minérale (F2) de 200 kg de CC/ha plus 100 kg d'urée/ha, elle est la dose appliquée par les producteurs pour l'intensification de la culture du maïs (Coulibaly *et al.*, 2013).

Le dispositif a été mis en place chez 5 producteurs dans chacun des 4 villages de recherche soit au total 20 producteurs. Chaque producteur représentait une répétition. Les 4 traitements suivants ont été testés :

T1 : V1 + F1 (Sotubaka + 6000 kg FO ha⁻¹ + 100 kg de CC ha⁻¹ + 150 kg urée ha⁻¹) ;

T2 : V1 + F2 (Sotubaka + 6000 kg FO ha⁻¹ + 200 kg de CC ha⁻¹ + 100 kg d'urée ha⁻¹) ;

T3 : V2 + F1 (Dembagnuma + 6000 kg FO ha⁻¹ + 100 kg CC ha⁻¹ + 150 kg urée ha⁻¹) ;

T4 : V2 + F2 (Dembagnuma + 6000 kg FO ha⁻¹ + 200 kg CC ha⁻¹ + 100 kg urée ha⁻¹).

CONDUITE DE L'EXPERIMENTATION

Les opérations culturales ont été effectuées suivant l'itinéraire du protocole expérimental discuté et validé avec les producteurs des CCV. Le labour a été réalisé après l'épandage de la fumure organique à la dose de 6 tonnes/ha dans de bonnes conditions d'humidité. Le semis a été effectué aux écartements de 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets. Le démariage a été effectué à 2 plants par poquet entre 10 à 15 jours après le semis (JAS).

Les traitements T1 et T3 ont reçu au moment du semis l'apport de complexe céréale à la dose de 100 kg/ha mélangé à la première fraction de l'urée (50 kg/ha). Les traitements T2 et T4 ont reçu au moment du semis seulement l'apport de complexe céréale à la dose de 200 kg/ha. L'apport de la 2^e fraction de l'urée (100 kg/ha) a été effectué au buttage pour les traitements T1 et T3 au 45^e JAS. Les traitements T2 et T4 ont reçu un seul apport d'urée (100 kg/ha) au buttage au 45^e JAS. Les producteurs ont effectué 2 à 3 sarclages avant le buttage.

OBSERVATIONS

Les observations ont concerné toutes les parcelles élémentaires chez chaque producteur. Elles ont porté sur les hauteurs de pluie, les

dates des opérations culturales, la main d'œuvre employée (famille, salariée, journalier), le temps de travail, le nombre de poquets à la levée, le délai entre le semis et la floraison sur 50% des plants, le nombre de poquets à la récolte, le nombre de plants à la récolte, la production de grain et l'estimation de la biomasse sèche produite..

CONDITIONS DE REALISATION

La pluviométrie enregistrée a connu une répartition spatiale et temporelle peu régulière dans les quatre (4) villages de recherche au cours de la campagne agricole 2013-2014 (Figure 1 ; Figure 2). Elle a conditionné le démarrage des activités agricoles et le déroulement des expérimentations de la culture du maïs.

La répartition de la pluviométrie a été homogène dans les villages de la zone Nord-Soudanienne au cours de la campagne agricole 2013-2014 (Figure 1). Le cumul de la pluviométrie enregistrée a été de 927 mm en 55 jours à Siramana et de 937 mm en 57 jours à Fama.

Dans la zone Sud-Sahélienne, le cumul de la pluviométrie enregistrée a été de 692 mm en 48 jours à N'Goukan et de 841 mm en 44 jours à Try. Le cumul de pluies enregistrées pendant les mois de mai et juin ont entraîné un retard du démarrage des travaux au cours de la campagne agricole 2013-2014 (Figure 2). Contrairement à une année normale, la majorité des semis a été réalisée jusqu'à la 2^e décade de juillet 2013. Les producteurs ayant semé le maïs au mois de juin ont été obligés de reprendre les semis à l'installation régulière des pluies au mois de juillet 2013.

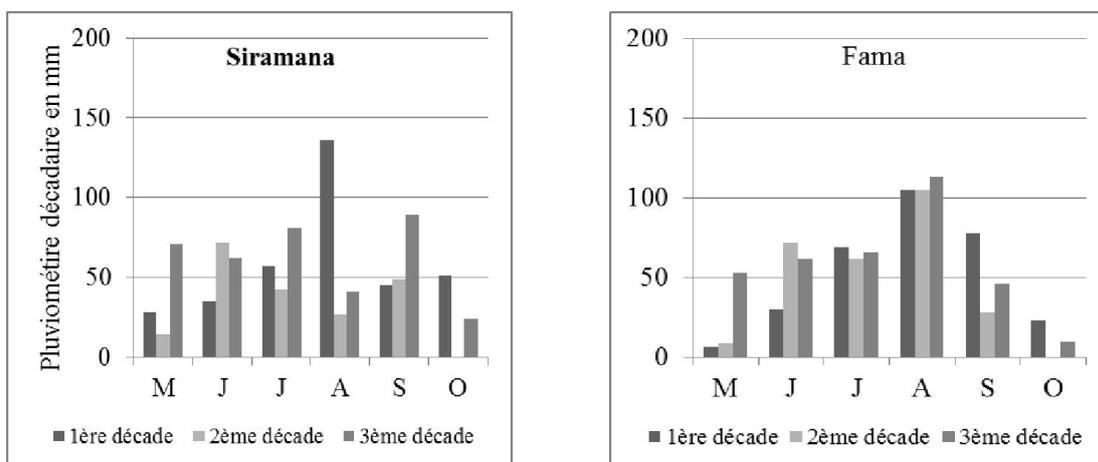


Figure 1 : Pluviométrie décadaire dans les villages de Fama et Siramana au cours de la campagne agricole 2013-2014

DEKAD rainfall in the villages of Fama and Siramana during the crop year 2013-2014

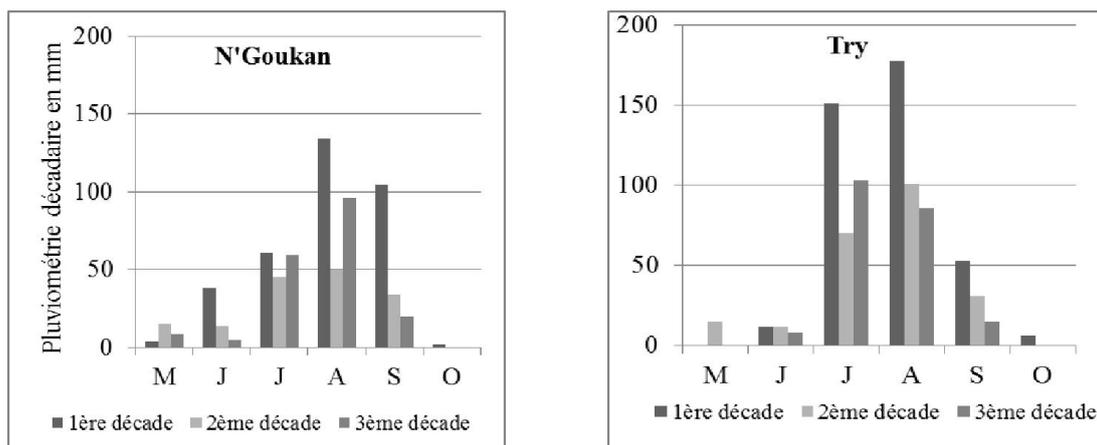


Figure 2 : Pluviométrie décadaire dans les villages de Try et N'Goukan au cours de la campagne agricole 2013-2014

DEKAD rainfall in the villages of Try and do Goukan during the crop year 2013-2014

TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées ont été saisies sous le logiciel Microsoft Access puis importées sous le logiciel Microsoft Excel.

L'analyse a concerné la production en grain de maïs, la biomasse produite pour évaluer la réponse des variétés V1 et V2 de maïs au niveau de fertilisation F1 et F2 dans la zone cotonnière du Mali-Sud.

La quantité de biomasse exprimée en kg de matière sèche (MS) a été rapportée à l'unité de poids de l'animal (poids vif ou poids métabolique), soit 2,50 kg/100 de poids vif ou 80 g/kg^{0,75} (Rivière, 1978). La quantité de biomasse estimée à 6,25 kg MS/jour est nécessaire à l'alimentation de l'Unité de Bétail Tropical (UBT), animal pesant 250 kg de poids vif. Les quantités estimées rapportées à 90 jours présentent la capacité des exploitations agricoles à alimenter les animaux à partir de la biomasse produite pendant la saison sèche (mars, avril et mai). Cette période correspond à la pénurie accrue de fourrages des pâturages naturels et des parcours post-culturaux.

L'analyse de la variance a été faite à l'aide du logiciel GenStat et le test de Newman-Keuls à 5 % a été choisi pour la comparaison des moyennes.

RESULTATS

PRODUCTION DE GRAIN DU MAÏS

L'analyse statistique n'a pas montré de différence significative ($p = 0,202$) entre les rendements moyens en grain de maïs obtenus des deux variétés de maïs et des deux fertilisations minérales utilisées au cours de la campagne 2013 - 2014 dans la zone cotonnière du Mali-Sud (Tableau 1). Le rendement en grain de maïs obtenu de la variété Sotubaka a été de 2 531 kg/ha pour la fumure minérale F1 et de 2 669 kg/ha pour la fumure minérale F2. Quant à la variété Dembagnuma le rendement moyen en grain de maïs obtenu a été de 3 316 kg/ha pour la fumure minérale F1 et de 3 058 kg/ha pour la fumure minérale F2.

Cependant, une différence significative ($p = 0,001$) a été observée entre l'effet des deux variétés sur le rendement en grain de maïs. Le meilleur rendement en grain de maïs a été obtenu avec la variété Dembagnuma de 3 187 kg/ha et le plus faible rendement en grain de maïs avec la variété Sotubaka de 2 600 kg/ha.

L'effet de la fertilisation minérale n'a pas été significatif ($p = 0,697$). Le rendement obtenu avec la dose recommandée par la recherche a été de 2 924 kg/ha et celui de la fertilisation minérale F2 a été de 2 863 kg/ha.

Tableau 1 : Rendement moyen de maïs grain en zone cotonnière du Mali-Sud au cours de la campagne 2013-2014*Average yield of corn in cotton area of southern Mali in the year 2013-2014*

Variables	Rendement (kg/ha)
Interaction variété et fertilisation minérale	
V1 + F1 (Sotubaka + 6000 kg FO + 100 kg CC*ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	2531
V1 + F2 (Sotubaka + 6000 kg FO + 200 kg CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	2669
V2 + F1 (Dembagnuma + 6000 kg FO + 100 kg CC ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	3316
V2 + F2 (Dembagnuma + 6000 kg FO + 200 kg CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	3058
Effet de la variété de maïs	
V1 : Sotubaka	2600
V2 : Dembagnuma	3187a
Effet de la fertilisation minérale	
F1 : (6000 kg FO + 100 kg de CC ha ⁻¹ + 150 kg d'urée ha ⁻¹)	2924
F2 ; (6000 kg FO + 200 kg de CC ha ⁻¹ + 100 kg d'urée ha ⁻¹)	2863
Signification	
Variété de maïs	0,001
Fertilisation minérale	0,697
Variété de maïs x fertilisation minérale	0,202

FO= Fumure Organique ; CC= Complexe Céréale / FO = organic manure, CC = complex cereal

PRODUCTION DE BIOMASSE DU MAÏS

L'effet de l'interaction sur la production de biomasse entre les variétés de maïs et les fertilisations minérales n'a pas été significative ($p = 0,058$) au cours de la campagne 2013-2014 dans la zone cotonnière du Mali-Sud (Tableau 2). La biomasse obtenue de l'interaction de la variété de maïs Sotubaka avec la dose de fumure minérale F1 a été 2 017 kgMS/ha. Elle a été de 2 260 kgMS/ha avec l'apport de la forte dose de fumure minérale la même variété de maïs Sotubaka.

La biomasse obtenue de l'interaction de la variété de maïs Dembagnuma et de la dose de fumure minérale F1 a été de 2 657 kgMS/ha.

Elle a été de 2 228 kgMS/ha pour la combinaison de la variété de maïs Dembagnuma et de la forte dose de fumure minérale apportée.

L'effet des variétés de maïs sur la production de biomasse n'a pas été significatif ($p = 0,089$). La biomasse produite avec la variété du maïs Sotubaka a été de 2 183 kgMS/ha et celle obtenue avec la variété maïs Dembagnuma de 2 324 kgMS/ha.

L'effet des fertilisations minérales sur la production de biomasse n'a pas été significatif ($p = 0,362$). La biomasse obtenue avec l'apport de la fertilisation minérale F1 a été de 2 924 kgMS/ha et celle obtenue avec l'application de la fertilisation minérale F2 a été de 2 863 kgMS/ha.

Tableau 2 : Production moyenne de biomasse de maïs en zone cotonnière du Mali-Sud au cours de la campagne 2013-2014*Average Production of biomass of maize in cotton area of southern Mali in the year 2013-2014*

Variables	Rendement (kgMS/ha)
Interaction variétés et fertilisation minérale	
V1 + F1 : (Sotubaka + 6000 kg FO + 100 kg de CC* ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	2107
V1 + F2 : (Sotubaka + 6000 kg FO + 200 kg CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	2260
V2 + F1 : (Dembagnuma + 6000 kg FO + 100 kg CC ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	2657
V2 + F2 : (Dembagnuma + 6000 kg FO + 200 kg de CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	2228
Effet variété de maïs	
V1 : Sotubaka	2183
V2 : Dembagnuma	2443
Effet de la fertilisation minérale	
F1 : (6000 kg FO + 100 kg CC ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	2382
F2 ; (6000 kg FO + 200 kg CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	2244
Signification	
Variété de maïs	0,089
Fertilisation minérale	0,362
Variété de maïs x fertilisation minérale	0,058

FO= Fumure Organique ; CC= Complexe Céréale / FO = organic manure, CC = complex cereal

ESTIMATION DES BESOINS DE MATIERES SECHES DES ANIMAUX ELEVES

L'analyse statistique des besoins de matière sèche des animaux couverts par la biomasse produite de l'effet de l'interaction de la variété de maïs avec l'apport de la fumure minérale n'a pas été significative ($p= 0,058$) au cours de la campagne agricole 2013-2014 dans la zone cotonnière (Tableau 3).

La biomasse obtenue de la combinaison de la variété de maïs Sotubaka et l'apport de la fumure minérale F1 a permis de couvrir les besoins en matière sèche de 3,75 UBT/ha en 90 jours. Elle a permis de couvrir les besoins en matière sèche de 4,02 UBT/ha en 90 jours pour la combinaison de la variété de maïs Sotubaka et l'apport de la fumure minérale F2.

Quant à la biomasse obtenue de la combinaison de la variété de maïs Dembagnuma et de la dose de fumure minérale F1, elle couvre les besoins en matière sèche de 4,72 UBT/ha en 90 jours. Par contre les besoins en matière sèche de 3,96 UBT/ha en 90 jours ont été couverts par la biomasse obtenue de l'effet de la variété Dembagnuma et de l'apport de la fumure minérale F2.

L'analyse statistique des besoins de matière sèche des animaux couverts par biomasse produite de l'effet des variétés de maïs sur l'augmentation de la biomasse produite n'a pas aussi été significative ($p= 0,089$) au cours de la campagne agricole 2013-2014 dans la zone cotonnière (Tableau 3). Les besoins en matière sèche de 3,88 UBT/ha en 90 jours ont été couverts par la biomasse produite de la variété du maïs Sotubaka. Quant à la biomasse obtenue de la variété de maïs Dembanyuma, elle a permis de couvrir les besoins de matière sèche de 4,24 UBT/ha en 90 jours.

L'analyse statistique relative à l'effet de l'apport des fertilisations minérales sur l'augmentation de la biomasse n'a pas également été significative ($p= 0,362$) au cours de la campagne agricole 2013-2014 dans la zone cotonnière (Tableau 3). La biomasse obtenue de l'apport de la fumure minérale F1 a permis de couvrir les besoins en matière sèche de 4,24 UBT/ha en 90 jours. Les besoins en matière sèche de 3,99 UBT/ha en 90 jours ont été couverts par la biomasse produite de l'application de la fertilisation minérale F2.

Tableau 3 : Capacité de charge animale autorisée par la biomasse produite en zone cotonnière du Mali-Sud au cours de la campagne 2013-2014

Load capacity of animal authorized by the biomass produced in cotton area of southern Mali in the year 2013-2014

Interaction variété et fertilisation minérale	UBT/90 jours
V1 + F1 : (Sotubaka + 6000 kg FO + 100 kg CC*ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	3,75
V1 + F2 : (Sotubaka + 6000 kg FO + 200 kg CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	4,02
V2 + F1 : (Dembagnuma + 6000 kg FO + 100 kg CC ha ⁻¹ + 150 kg urée ha ⁻¹)	4,72
V2 + F2 : (Dembagnuma + 6000 kg FO + 200 kg de CC ha ⁻¹ + 100 kg urée ha ⁻¹)	3,96
Effet de la variété de maïs	
V1 : Sotubaka	3,88
V2 : Dembagnuma	4,34
Effet de la fertilisation minérale	
F1 : (6000 kg FO + 100 kg de CC ha ⁻¹ + 150 kg d'urée ha ⁻¹)	4,24
F2 : (6000 kg FO + 200 kg de CC ha ⁻¹ + 100 kg d'urée ha ⁻¹)	3,99
Signification	
Variété de maïs	0,089
Fertilisation minérale	0,362
Variété de maïs et Fertilisation minérale	0,058

FO= Fumure Organique ; CC= Complexe Céréale / FO = organic manure, CC = complex cereal

DISCUSSION

AUGMENTER LA PRODUCTIVITE DU MAIS PAR LA GESTION DE LA FERTILISATION MINERALE

L'application de la dose maximale (F2) par les producteurs n'améliore pas le rendement de grain de maïs (2 863 kg/ha) par rapport à celui (2 924 kgMS/ha) de la dose de la fertilisation minérale recommandée vulgarisée (F1) dans la zone cotonnière du Mali. Par contre, dans une évaluation sous-régionale de la chaîne de valeur du maïs menée en Afrique de l'Ouest, les auteurs Boones *et al.* (2008) ont identifié des systèmes de production à faible taux d'intrants et ayant de faibles rendements, caractérisés surtout par l'utilisation limitée et/ou inadéquate des engrais par les producteurs.

Ainsi, la signification statistique ($p=0,001$) de l'effet des variétés de maïs sur le rendement moyen montre que les variétés améliorées utilisées n'ont pas pu extérioriser leur potentiel productif. Il est estimé jusqu'à 7 t/ha pour la variété de maïs Sotubaka et à 5 t/ha pour la variété de maïs Dembagnuma (Coulibaly, 1998 ; Coulibaly et Traoré, 2006). Le rendement de la variété Sotuba de 2 600 kg/ha est inférieur à celui de 3 187 kg/ha de la variété Dembagnuma.

Cependant, ces rendements obtenus sont meilleurs aux rendements de 1 à 2,2 t/ha pour les mêmes variétés de maïs cultivées dans la zone de production du maïs au Mali (Blanchard *et al.*, 2011 ; DRA, 2011 ; Sissoko *et al.*, 2013 ; Traoré *et al.*, 2014) et de différentes autres variétés améliorées de maïs cultivées en Afrique de l'ouest (Boone *et al.*, 2008). Les auteurs Temé *et al.* (1992) ont justifié que l'introduction des variétés améliorées de maïs à haut potentiel de rendement dans les systèmes de culture visait à résoudre les problèmes de déficit vivrier.

En effet, Kieft *et al.* (1994) avaient déjà rapporté ces changements de gestion de la fertilisation minérale indiquant des évolutions de systèmes extensifs vers une fertilité durable des terres agricoles dont seulement 20 % des superficies cultivées étaient fertilisées avec les engrais minéraux au Mali.

Cependant, vu les résultats obtenus les doses de fertilisation minérale n'ont pas permis aux variétés améliorées d'extérioriser leur potentiel productif afin de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire et des revenus des exploitations agricoles. L'extériorisation du potentiel productif des variétés de maïs à haut rendement nécessite l'utilisation efficace de formulations appropriées et recommandées des engrais.

ACCROITRE LA PRODUCTION DE FOURRAGE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Malgré l'application de la fertilisation minérale la biomasse produite des variétés améliorées de maïs Dembagnuma (2443 kgMS/ha) et de Sotubaka (2183 kgMS/ha) reste inférieure au potentiel productif de 4 - 5 t/ha de ces deux variétés améliorées de maïs cultivées par les producteurs de la zone cotonnière (Coulibaly, 1998 ; Coulibaly et Traoré, 2006). Cependant, les résultats obtenus sont proches de ceux des auteurs Bengaly *et al.* (1994). Ces auteurs ont rapporté une production de biomasse de maïs obtenue à Fonsébougou (2 263 kgMS/ha) et à Koutiala (2630-3830 kgMS/ha) de 1991 à 1992 avec 800 - 1000 mm de pluie an⁻¹ dans la zone cotonnière au Mali. Ils sont supérieurs à ceux trouvés par Autfray *et al.* (2012) qui varient de 1 400 kg MS/ha à Dentiola (800 mm de pluie an⁻¹) à 2 100 kg MS/ha à Fama (1 000 mm de pluie an⁻¹). La biomasse produite même inférieure au potentiel productif des variétés améliorées utilisées, accroît le volume de fourrage disponible des exploitations agricoles.

VALORISER LES RESIDUS DE CULTURE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Dans la zone cotonnière au Mali, les résidus de cultures notamment de maïs représentent une part importante dans l'alimentation du cheptel et la production de fumure organique. Les capacités de charge animale des résidus de la variété améliorée de maïs Sotubaka (3,88 UBT/ha) et de la variété Dembagnuma (4,34 UBT/ha) obtenues en zone Mali-Sud (700-1000 mm de pluies an⁻¹) sont supérieures à celles obtenues dans les zones de pâture de Ouara (0,31 UBT/ha), Torokoro (0,09 UBT/ha) et de Tierkoura (1,26 UBT/ha) en zone sud-soudanienne (900-1200 mm de pluies an⁻¹) à l'ouest du Burkina Faso.

Cependant, dans la zone Mali-Sud les fourrages de résidus de cultures sont différemment valorisés par les exploitations agricoles (Coulibaly *et al.*, 2007). Les stocks de fourrages de résidus de culture pour l'alimentation des animaux sont de l'ordre de 21 à 25 % de la production des résidus de cultures pour les exploitations agricoles à faible niveau d'intégration agriculture-élevage, 40 % pour les exploitations agricoles à niveau moyen d'intégration agriculture-élevage et plus de 67 % pour les exploitations agricoles à forte niveau

d'intégration agriculture-élevage (Coulibaly *et al.*, 2009 ; Autfray *et al.*, 2012). Cette diversité des pratiques montre une faible valorisation des résidus dans l'alimentation du cheptel et de faible niveau d'intégration de l'agriculture et de l'élevage au sein des exploitations agricoles.

Cependant, l'utilisation efficace des engrais sur les variétés améliorées pourraient contribuer davantage à l'amélioration de la sécurité alimentaire et des revenus mais aussi du bilan fourrager des exploitations agricoles dans la zone cotonnière au Mali et en Afrique de l'Ouest.

CONCLUSION

La variété de maïs Dembagnuma (3 187 kg/ha) a une meilleure réponse sous l'effet des 2 fertilisations minérales par rapport à la variété de maïs Sotubaka (2 600 kg/ha). Le rendement obtenu sous l'effet de la fertilisation de la dose recommandée de 2 924 kg/ha est légèrement supérieur au rendement de 2 863 kg/ha obtenu de l'apport de la fertilisation minérale appliquée par les producteurs. La matière sèche obtenue avec la variété de maïs Dembagnuma (2 924 kgMS/ha) et de la variété de maïs Sotubaka (2 863 kgMS/ha) contribue à l'amélioration du bilan fourrager des exploitations agricoles. Ces biomasses permettent de nourrir 4,24 UBT/ha et 3,99 UBT/ha en 90 jours soit la supplémentation à l'auge soit de 2 paires de bœufs de labour.

Il se dégage de ces résultats que l'application des doses maximale et recommandée de fertilisation minérale permet d'améliorer le rendement grain et de biomasse des variétés améliorées de maïs Dembagnuma et Sotuba. L'application efficace des engrais sur ces variétés améliorées de maïs pourraient contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire, de l'alimentation du cheptel des exploitations agricoles et au développement durable des systèmes de production intégrés agriculture-élevage dans les zones cotonnières de l'Afrique de l'Ouest.

REFERENCES

- Autfray P., Sissoko F., Falconnier G., Ba A., Dugué P., 2012. Usages des résidus de récolte et gestion intégrée de la fertilité des sols dans les systèmes de polyculture élevage: étude de cas au Mali-Sud. Cah Agric 21 : 225 - 34.

- Bationo A., Mokwunye A. U., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: with special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Fertilizer Research* 29 : 117 - 125
- Blanchard, M., Coulibaly, D., Ba, A., Sissoko, F., Pocard, R. C., 2011. Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agro-sylvo-pastoraux : Le cas du Mali-Sud. Séminaire sur l'Intensification écologique et Conception des innovations dans les Systèmes Agro-Sylvo-Pastoraux de l'Afrique de l'Ouest (Asap) du 15 au 17 novembre, Bobo Dioulasso (Burkina Faso). Pages 47 - 59.
- Bengaly M., Dembélé I, Defoer T., 1994. Le maïs/dolique, fiche synthétique d'information. Document No 94113 Avril, 1994. 15 p.
- Boone, Peter ; Stathacos, Charles J.D. ; Wanzie, Rose Lum, Décembre 2008. Évaluation sous-régionale de la chaîne de valeurs du maïs, rapport technique ATP n°1. Bethesda, MD: projet ATP, Abt Associates Inc.
- Coulibaly D., Pocard-Chapuis R., Ba A., 2009. Dynamiques territoriales et changements des modes de gestion des ressources pastorales au Mali Sud (Mali). Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. Paris, les 2 et 3 décembre 2009, 4 pages 357-360, www.inst-elevage.asso.fr
- Coulibaly D., Moulin C.H., Pocard-Chapuis R., Morin G., Sidibé S.I., Corniaux C., 2007. Evolution des stratégies d'alimentation des élevages bovins dans le bassin d'approvisionnement en lait de la ville de Sikasso au Mali. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2007, 60 (1 - 4). <http://remvt.cirad.fr>
- Coulibaly D., Sissoko F., Ba A., Bengali M., Dembélé B., Sangaré M. I., et al., 2013. Situation de référence des exploitations agricoles au sud du Mali. Rapport de recherche du Projet « *Options d'intensification durable, gestion des risques et réduction de la vulnérabilité des systèmes intégrés agro-sylvo-pastoraux en zones semi-aride et subhumide d'Afrique de l'Ouest* », CORAF/WECARD-AusAID. Institut d'Economie Rurale (IER), Mali. 68 p.
- Coulibaly T., 1998. Fiches techniques culturales des variétés améliorées de maïs. <http://www.ier.gouv.ml/Coordination/CulturesPluviales/mais/synthese/resynth.html#techniques>
- Coulibaly T., Traoré S., 2006. Production de semences Dembagnuma de base. In *Nourrir l'avenir : De la Révolution verte à la Révolution génétique*. Bulletin de l'Association Sasakawa pour l'Afrique, Numéro 22, avril 2006. 20 (9) p
- Djouara H., Béliers J.F., Kébé D. 2006. Les exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Mali face à la baisse des prix du coton-graine. *Cahiers Agricultures* (15) 64 - 71.
- DRA (Direction Régionale de l'Agriculture), Sikasso, 2011. Rapports Bilans des campagnes agricoles : Synthèse des productions de céréalières sur les campagnes agricoles 2008 - 2009, 2009 - 2010 et 2010 - 2011
- Kieft H. Kéita N. Van der Heide A. 1994. Engrais fertiles ? Vers une fertilité durable des terres agricoles au Mali. ETC, Leusden, The Netherlands. 99 p.
- Pieri, C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris, 443 pp
- Rivière R., 1978. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Manuel et Précis d'Élevage N° 9, 2^e Edition, Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux. 527 p.
- Sissoko F., Coulibaly D., Cissé O., Dugue P., 2013 : Evaluation de l'arrière-effet de la culture du coton sur la production céréalière en zone cotonnière du Mali. 15 p. <https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db>
- Temé B., Sanogo O., et Boughton D. 1992. Reconnaissance rapide sur la filière maïs. Rapport d'étude. Bamako, Mali, 42 p. + annexes.
- Traoré A., Sissoko F., Dembélé U., Yattara A. A., Ba A., Yossi H., 2014. Amélioration des rendements des céréales sèches en zone Mali - Sud par la Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols à base des plantes fixatrices d'azote. Rapport de la campagne agricole 2015 - 2016, IER, Sikasso, Mali, 36 p.
- Van der Pol F. 1992. Soil mining, an unseen contributor to farm income in southern Mali. Royal Tropical Institute, Bulletin 325, Amsterdam, Netherlands.