



LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

Institut d'Economie Rurale – Revue Semestrielle – n°15 Juillet - Décembre 2012 – ISSN 1987 - 0000

n°15

Évaluation de l'application de la microdose d'engrais sur la production du mil au Sahel : cas de la région de Mopti au Mali	1
Évaluation du coût de production du maïs en zones cotonnières – CMDT et OHVN – et à l'OPIB	15
Effets de facteurs incitatifs à la production sur les exploitations cotonnières au Mali	29
Efficience énergétique des systèmes mixtes agriculture-élevage en zone périurbaine de Sikasso, Mali Sud	39
Paramètres génétiques de la production laitière chez le zébu Peul sous sélection à la Station de Recherche Agronomique de Niono au Mali	53
Paramètres génétiques des caractères de reproduction chez le zébu Peul sous sélection à la Station de Recherche Agronomique de Niono au Mali	61





LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

N° 15 Juillet – Décembre 2012

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali



LES CAHIERS DE L'ÉCONOMIE RURALE

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali

Directeur de publication : Dr Aly Kouriba
Éditeur Scientifique : Dr Samba Soumaré
Secrétaire de rédaction : Dr Lassine Diarra

Comité de rédaction

Pr Daniel Dansonko, IPR/IFRA Katibougou
Dr Tiéma Niaré, Université de Marseille
Dr Pierre Hiernaux, CESBIO, Toulouse
Dr Kalifa Sanogo, PNUD, Bamako
Dr Mamadou D. Coulibaly, DNPIA, Bamako
Dr Mike Bertelsen, Virginia Tech
Dr Peter White, Washington State University
Dr Oumar Niangado, Fondation Syngenta
Pr Siaka Sidibé, Hôpital du Point G, Bamako
Pr N'Golo Diarra, INSFRA, Bamako
Pr Alhousseini Bretaudeau, CILSS, Ouagadougou
Pr Aly Yéro Maïga, CNRST, Bamako
Dr Niamoye Yaro, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdou Yéya Maïga, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdoul Karim Traoré, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdoulaye Hamadoun, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Amadou Kodio, Institut d'Économie Rurale, Bamako

Comité scientifique

Dr Aly Kouriba, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Lassine Diarra, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Modibo Sidibé, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Bara Ouologuem, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Ibrahima N'Diaye, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Gaoussou Traoré, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Zana Sanogo, Ministère de l'Agriculture, Bamako

INFORMATIONS ET INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Créée en 2003 au sein de l'Institut d'Économie Rurale, la revue « LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE » est une revue scientifique qui publie deux fois par an, en français et en anglais, les résultats de travaux originaux de recherche effectués par les chercheurs de l'IER ou en collaboration avec divers partenaires. Les propositions doivent relever des domaines suivants : productions végétales, productions animales, productions forestières, productions halieutiques, systèmes de production et économie des filières, etc. Les articles proposés par d'autres chercheurs sont également admis lorsque leur qualité scientifique est reconnue. Le Comité éditorial, en collaboration avec un réseau de lecteurs, assure la sélection des articles.

I. Généralités

1. Manuscrit

Le manuscrit est saisi sur ordinateurs (en interligne 1.5) et imprimé sur papier de format 21 cm x 29.7 cm avec une marge de 4 cm à droite comme à gauche, sans rature ni surcharge. Sa longueur ne doit pas dépasser 15 pages, y compris les illustrations et les tableaux.

Le manuscrit soumis en trois exemplaires, ainsi que la version électronique, doivent être envoyés à l'adresse suivante : Dr Lassine Diarra, Éditeur scientifique, BDIP IER, B.P. 258, Bamako, Mali. Email : lassine.diarra@ier.ml

2. Style

Le style doit être simple et concis, avec des phrases courtes, du type : sujet, verbe, complément. Les noms scientifiques de genres et d'espèces, doivent être écrits en italique et seront suivis du nom du descripteur, à la première apparition dans le texte. Par la suite, le nom du descripteur sera occulté.

Lorsque dans une citation, la référence des auteurs comporte plus de deux noms, seul le nom du premier auteur est mentionné et il est suivi de « et al. » écrit en italique.

3. Notes en bas de page

Excepté les adresses des auteurs à la première page, les notes en bas de pages ne sont pas admises.

4. Pagination

Les numéros de pages, en chiffres arabes, seront portés en haut et au centre de la page.

5. Unités de mesure

Elles seront du système international et devront être cohérentes dans le texte.

6. Procédure d'évaluation des manuscrits

Les manuscrits seront évalués, dans le cadre d'un réseau de lecteurs, par au moins trois lecteurs. En cas de litige, l'avis d'un quatrième lecteur sera sollicité.

Au besoin, les auteurs reçoivent les commentaires écrits des référés, donc le texte à corriger. Le document corrigé doit être retourné à l'Éditeur scientifique dans un délai d'un mois, à partir de la date d'expédition par l'expéditeur.

Les manuscrits refusés seront retournés à leurs auteurs et la raison sera signifiée par écrit.

7. Corrections des mises en page

Les premières mises en page faites par l'éditeur vous seront envoyées et vous devrez consulter cette réalisation avec beaucoup de soins, de façon à relever toutes les corrections et rectifications à y apporter. Il n'est pas question de modifier le document. Le manuscrit devra ensuite être retourné, dans les meilleurs délais au Secrétariat de rédaction de la revue.

8. Tirés à part

Un seul tiré à part sera transmis gracieusement à chaque auteur ou coauteur. D'autres tirés à part pourront être obtenus contre paiement d'un montant qui sera fixé lors de l'expédition de l'exemplaire gratuit.

II. Organisation du manuscrit

1. Première page

La première page doit comporter le titre en français et en anglais de l'article, le nom et le prénom du ou des auteurs, les adresses complètes de leurs institutions d'affiliation. En bas de page, on précisera les adresses postale et électronique si possible, les numéros de téléphone et le fax de l'auteur à qui doivent être envoyées les correspondances.

Cette page contiendra également un résumé en français et un résumé en anglais plus substantiel dans le cas d'un manuscrit en français et inversement. Chaque résumé ne devra pas dépasser 200 mots et sera suivi de 3 à 6 mots clés ; il permettra de comprendre la justification, la méthodologie, les résultats et les conclusions. Dans le corps du texte, la numérotation des titres et sous titres se fera selon la norme internationale (1., 1.1., 1.1.1, etc.).

2. Introduction

Elle doit situer le contexte de l'étude par rapport aux travaux antérieurs effectués dans le domaine.

3. Matériel et méthodes

Seul le matériel original sera décrit. Évitez les longues listes de matériels communément utilisés tels que sécateur, bottes, etc.

Si les méthodes habituellement utilisées doivent être succinctement décrites, les méthodes nouvelles, par contre, doivent être détaillées.

4. Résultats

Ils seront rendus sous forme de texte, de tableaux et/ou de figures. Le même résultat ne doit pas être présenté de façon répétitive, par exemple sous forme de tableau et de figure.

5. Discussion

Elle doit être une analyse des résultats expérimentaux par rapport à d'autres travaux similaires, et non une reprise de la description des résultats.

6. Conclusion

La conclusion devra faire ressortir l'importance des résultats acquis pour les recherches futures. Elle doit être différente du résumé, de la description des résultats et de la discussion.

7. Remerciement

S'ils s'imposent, ils devront être concis et ne pas dépasser cinq lignes.

8. Références

Les références concernent uniquement les auteurs cités dans le texte. Elles sont classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre d'ancienneté pour un même auteur.

- Articles

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de l'article, nom complet du périodique, numéro et volume, les numéros de la première et de la dernière page.

Exemple : TRAORE D., 1981 – La formation du grain de pollen chez les Cypéracées de la tribu des Cypérées, étudiées en Côte d'Ivoire. *Candollea* 36 (2) : 431-444.

- Livres

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet du livre, éditeur, maison et lieu de publication, nombre de pages.

Exemple : BERHAUT J., 1988 – Flore illustrée du Sénégal, Tome IX. Edition Clairafrique, Dakar, Sénégal, 523 pages

- Thèses

Noms et initiales de prénoms de l'auteur, année de publication, titre complet de la thèse, spécialité, Université, ville et pays, nombre de pages.

Exemple : TRAORE N'G., 1998. Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore du Baoulé. Thèse de Doctorat du 3^{ème} cycle. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 150 pages.

- Communications

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de la communication, éditeurs, titre du forum scientifique (congrès, séminaire, symposium) date et lieu, les numéros

de la première et de la dernière page. Exemple : CISSE M., 1982. Évaluation du potentiel fourrage de la zone d'étude du projet CIPEA. In Actes du Colloque sur les ligneux fourragers. Addis-Abeba, Éthiopie. 154–169.

9. Liste des taxons végétaux cités

À la fin de chaque article, une liste des taxons végétaux cités sera donnée, en suivant l'ordre alphabétique des noms actualisés des espèces. Le nom du descripteur sera obligatoirement mentionné. La famille de chaque espèce doit être précisée.

10. Illustrations

Elles seront toutes appelées dans le texte. Les figurés (dessin, courbes, histogrammes, cartes, photographies) seront numérotés en chiffres arabes (1, 2, 3...) en suivant l'ordre d'appel dans le texte. Toutes les illustrations doivent être sur disquette.

11. Tableaux

Ils seront tous appelés dans le texte et numérotés en chiffre romains (I, II, III, etc.) selon l'ordre d'appel dans le texte. Ils doivent être présentés, chacun sur une feuille séparée. Les légendes des tableaux, des figures, des photos et en général de toutes les illustrations seront rassemblées sur une même feuille et placées en fin de manuscrit.

Évaluation de l'application de la microdose d'engrais sur la production du mil au Sahel : cas de la région de Mopti au Mali

Evaluation of the implementation of fertilizer microdose on millet production in the Sahel: case of Mopti region in Mali

Traoré B.¹, Samaké O.¹, Touré M.S.M.¹, Goïta O.¹, Keita M.¹, Maïga M.S.²

¹Institut d'Économie Rurale, BP. 258, Rue Mohamed V, Bamako, Mali

*Adresse contact : E-mail : boureimatraore@gmail.com - Tél : +223 66 76 22 89

²Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako

E-mail : pamaiga@yahoo.fr

Résumé

Le mil est une des principales cultures de la région de Mopti avec un rendement moyen de 530 kg.ha⁻¹. La production du mil occupe les 92% des producteurs agricoles selon le Recueil des Statistiques de Développement Rural (2001–2007). Ainsi, les populations en font une culture continue pour répondre à leur besoin en matière de revenu, mais aussi pour satisfaire les habitudes alimentaires. La culture continue, pratiquée sans restauration de la fertilité du sol, provoque une baisse du rendement du mil selon les éléments de reconnaissance du DRSPR, 1992. Il s'agit de trouver une solution, qui consiste à poursuivre la production du mil, tout en préservant la fertilité des sols, et en améliorant les rendements pour faire face aux besoins de sécurité alimentaire et de lutte contre la pauvreté. Cette étude a été menée à Mopti en zone sahélienne du Mali entre 2005 et 2007 respectivement dans les communes rurales de Koporo-pen (zone du Séno) et de Madiama (zone de Delta) et de Doucombo (zone du Plateau). C'est également une diffusion au champ de la technique de « microdosage », du pédologue André Bationo en collaboration avec l'IFCD, l'ICRISAT et la FAO.

L'objectif de cette étude était d'évaluer au champ l'effet du placement d'engrais au poquet (3 niveaux application : témoin, DAP et DAP + Urée) sur la productivité du mil. Le dispositif utilisé était le bloc de Fisher en 3 répétitions à raison d'une répétition par commune. Les

résultats ont montré que le placement d'engrais au poquet (3 niveaux d'application : témoin sans fertilisant, DAP et DAP + Urée) permet d'obtenir un surplus de production (grains et paille) de mil à l'hectare par rapport au témoin. Ainsi, un surplus de rendement grain de 30 à 100% est obtenu par l'application de la dose de 2 g de DAP au poquet, et de 50 à plus de 100% par application de 2 g de DAP au poquet complété par un apport d'1 g d'urée à la levée. En perspective, l'applicabilité de cette technique avec un coût réduit permet aux producteurs à petits et moyens revenus des exploitations d'améliorer les rendements du mil et par conséquent leurs revenus. Il est recommandé d'utiliser la dose de 2 g de DAP au poquet dans de bonnes conditions d'humidité (cumul pluviométrique supérieur ou égal à 17 mm).

Mots clés : engrais minéraux, poquet, production, rendement, mil, Sahel.

Abstract

Millet is a major crop in Mopti region with an average yield of 530 kg.ha⁻¹. Millet production occupies 92% of farmers as shown in the compendium of Statistics for Rural Development (2001–2007). Therefore, populations keep growing it not only to meet their needs for income, but also to satisfy dietary habits. Continuous cultivation, practiced without restoring soil fertility, causes a decrease in the yield of millet as shown by recognition elements of 1992 DRSPR..

There is a solution, which is to continue the production of millet, while maintaining soil fertility and improving yields to meet the needs of food security and the fight against poverty. This study was conducted in the Sahel region of Mopti Mali between 2005 and 2007, respectively in the rural communes of Koporo-pen (Seno area), Madiama (Delta area) and Doucombo (Plateau area). It also includes the on-farm dissemination of the "microdosing" technology developed by the soil scientist André Bationo in collaboration with IFCD, ICRISAT and FAO.

The objective of this study was to assess the effect of field fertilizer placement in planting holes (3 levels under: control, DAP, Urea and DAP +) on the productivity of millet. The device used was the Fisher block in 3 repetitions due to repetition by town. The results showed that the placement of fertilizer in planting hole (3 levels apply: control without fertilizer, DAP and Urea + DAP) provides a surplus production (grain and straw) of millet per hectare compared to the control. Thus, a surplus of grain yield from 30 to 100% is obtained by applying a dose of 2 g DAP per planting hole, and 50 to more than 100% by applying 2 g DAP per poquet supplemented by a contribution of 1g urea emergence. Perspective, the applicability of this technique with a reduced cost provides producers with small and medium-farm income to improve millet yields and therefore their income. It is recommended that the dose of 2 g of DAP per poquet under good moisture conditions (cumulative rainfall greater than or equal to 17 mm).

Key words: mineral fertilizers, poquet, production, performance, millet, Sahel.



Épis de mil

I. Introduction

Dans la région de Mopti (Figure 1) comme dans tous les pays du Sahel, en Afrique de l'Ouest, le mil, culture vivrière importante pour la sécurité alimentaire de ces pays, représente souvent plus de 30% de la production céréalière totale. Le mil est préparé surtout sous forme de bouillie et de galettes. La teneur en protéines des différents mils, et leur qualité, se compare à celle du blé ou du maïs. C'est un aliment énergétique et nutritif. Les rendements dans ces conditions sont très bas, entre 200 et 500 kg par hectare. Il s'agit généralement d'une culture extensive, pratiquée sans irrigation, ni engrais (FAO, 1997).

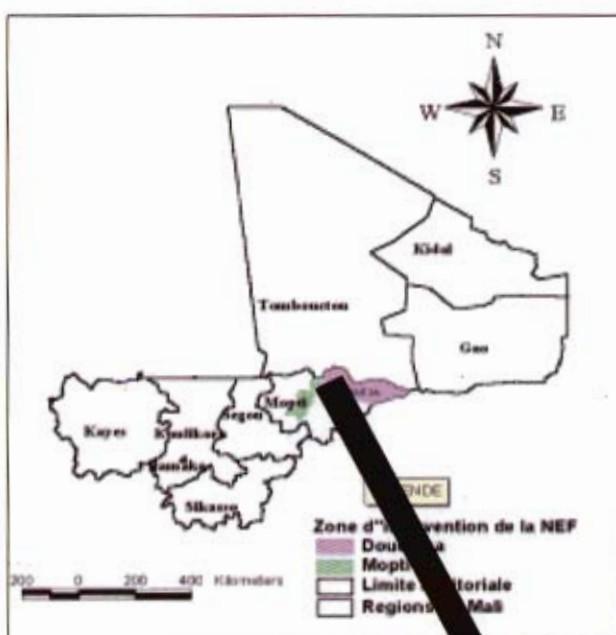


Figure 1. Carte de la région de Mopti

L'utilisation des engrais minéraux connaît des contraintes économiques et agronomiques. L'application des engrais minéraux est principalement déterminée par le rapport entre le prix des engrais et de la récolte et ensuite par la prise de conscience des paysans en matière de gestion des ressources naturelles. La nature et la quantité d'engrais utilisée, sont fonction du système de culture mis en place. Les engrais minéraux sont utilisés pour apporter les éléments nutritifs essentiels tels que l'azote et le phosphore à la culture.

L'évolution des systèmes de culture a amené des changements dans les quantités apportées (N'Diaye *et al.*, 1994).

Selon Kieft *et al.*, 1994, les engrais minéraux au Mali sont principalement utilisés en zone cotonnière ($\pm 75\%$) et en zone de riziculture irriguée ($\pm 10\%$) avec une dose moyenne d'environ 80 kg de nutriments par hectare fertilisé et qui atteint un maximum de 300 kg par hectare. Il est clair que l'introduction des engrais minéraux a augmenté la production, mais les techniques culturales à utiliser pour garantir la même productivité, seront de plus en plus nécessaires. Au Mali, les zones de culture de céréale qui utilisent peu ou pas d'engrais minéraux sont importantes.

Pieri (1989) note que si l'utilisation des engrais pour les cultures de cotonnier ne cesse de croître, il faut bien reconnaître que l'application de la fertilisation pour les céréales de culture sèche, surtout des cultures du mil et du sorgho, ne connaît pas le même essor. En effet, cette situation s'explique par le rapport de prix extrêmement défavorable qui existe au Mali entre les engrais minéraux et les produits agricoles. Ceci pèse lourdement sur le coût des produits importés dont dépend la production. Or, à part le Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT), le Mali dépend de l'extérieur pour son approvisionnement en engrais chimiques, et cela requiert des devises importantes dont le pays ne dispose pas en raison de sa situation économique (balance des paiements défavorable) (Gerner, 1993).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'application de l'engrais minéral au poquet sur la production du mil dans la région de Mopti en zone sahélienne du Mali en vue de répondre aux questions posées en termes de durabilité de la culture de mil par l'utilisation de l'engrais. Cette technique, baptisée le « microdosage », est le fruit de cinq années de recherche du pédologue André Bationo du Centre International pour la Fertilité du Sol (IFDC) et du Programme de l'ICRISAT sur les zones en marges du désert, en collaboration avec les chercheurs de l'Institut de Recherches agronomiques et le Projet

Inputs de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) au Niger. La technique et le type d'engrais varient en fonction du sol et du climat. Ainsi, sur les sols durs, les agriculteurs doivent creuser de petits trous qu'ils remplissent avec du compost avant le début des pluies. Ils appliquent ensuite l'engrais avant de semer lorsque les pluies commencent, ceci afin de créer un environnement humide optimal pour les cultures et de prévenir toute dispersion de l'engrais dans le sol dur.

II. Matériel et méthode

Pour réaliser cette étude, trois sites ont été retenus pour les expérimentations dans la région de Mopti : il s'agit de : la station de recherche à Kopro-pen dans la zone agro-écologique du Séno, le village de Tougoumé dans la Commune rurale de Doucombo sur le Plateau Dogon, et le village de Madiama dans la zone du Delta intérieur du Niger au niveau des champs de brousse. Ces sites ont été choisis parce qu'ils sont à la fois représentatifs des trois zones agro-écologiques de la région de Mopti et accessibles. Le choix des paysans collaborateurs a été l'élément déterminant dans la conduite des tests. C'est pourquoi ce choix a été opéré en assemblée villageoise en juin 2005, en 2006 et en 2007 en présence des agents du service d'encadrement technique local et de quelques membres de la Commission Régionale des Utilisateurs des Résultats de la Recherche (CRU). Les paysans volontaires et qui manifestent un intérêt pour les innovations technologiques ont été retenus.

Les sites ont un climat caractérisé par une saison humide allant de mai à octobre et une saison sèche qui va de novembre à avril. Il est caractérisé d'abord par une température moyenne annuelle de $29,1^{\circ}\text{C}$, avec un maximum aux mois d'avril et de mai et un minimum au mois de janvier ; ensuite par une humidité relative annuelle moyenne de 44% dont le maximum se situe aux mois d'août, septembre, octobre et le minimum aux mois de janvier, mars, avril et, enfin, par un ensoleillement minimal de six heures par jour en juillet, qui augmente pour atteindre son

maximum en février avec 8 heures par jour et par saison pluvieuse (Traore *et al.*, 2005).

La commune rurale de Koporo-pen est localisée dans le Séno où l'on distingue essentiellement trois types de sols : les sols

le premier. Les rendements grains et paille ont été calculés à la récolte à partir des carrés de rendement placés par parcelle élémentaire en début de test. Les données collectées ont été codifiées puis saisies sur le logiciel Excel. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel

Tableau VI. Coûts moyens de production du mil avec la microdose de DAP et de DAP + Urée et les bénéfices moyens réalisés dans les communes étudiées, 2005, 2006 et 2007.

Doses d'engrais	Coût et bénéfices (F CFA)	
	Coût moyen de production	Bénéfices/Pertes
Témoin	28117	79 695
DAP	45634 b	120 015 b
DAP + Urée	55165 a	146 839 b
SED	1926	12530
P > F	0,000	0,000
CV (%)	10,3	31,2

Une évaluation économique par campagne permet de décrire d'avantage les variations et leurs raisons.

Campagne 2005

Dans la commune rurale de Koporo-pen, l'évaluation économique des tests de la campagne (Tableau VII) a montré que l'application du DAP au poquet a permis de réaliser plus de valeur ajoutée par rapport au témoin sans engrais, avec un accroissement du bénéfice de 22,59% (12 140 F CFA. ha⁻¹). Cependant, l'application du DAP et de l'urée au poquet a engendré un déficit de la valeur ajoutée de 10% (5 420 F CFA. ha⁻¹) par rapport à celui du témoin sans engrais à cause du déficit pluviométrique.

Dans la commune rurale de Madiama, l'évaluation économique des tests de la campagne a montré que l'application du DAP au poquet a permis d'augmenter la valeur ajoutée de la production grain par hectare de 122,9% (60 650 F CFA. ha⁻¹) par rapport au témoin sans engrais. L'application du DAP et de l'urée au poquet a permis également un

DAP au poquet a permis de réaliser une augmentation de la valeur ajoutée par rapport au témoin sans engrais de 45,2% (43 010 F CFA. ha⁻¹) par rapport au témoin sans engrais. Par contre, l'application du DAP et de l'urée au poquet a engendré un manque à gagner de 53% (50 480 F CFA. ha⁻¹) par rapport au témoin sans engrais.

Campagne 2006

Dans la commune rurale de Koporo-pen, l'évaluation économique (Tableau VII) des tests de l'année 2006 a montré que l'application du DAP au poquet a permis d'augmenter la valeur ajoutée de 86,92% (56 060 F CFA. ha⁻¹). Alors qu'avec l'application du DAP et de l'urée au poquet, la valeur ajoutée obtenue a été de 78,35% (50 530 F CFA. ha⁻¹) supérieure également à celle du témoin sans engrais.

Dans la commune rurale de Madiama, l'évaluation économique des tests de la campagne 2006 a montré que l'application du DAP au poquet a permis de réaliser un déficit en valeur ajoutée de la production grain par hectare de 204 000 F CFA. ha⁻¹ par rapport au témoin sans engrais.

du DAP et de l'urée au poquet a présenté le meilleur bénéfice, il a permis un accroissement de la valeur ajoutée de 53 % (65 470 F CFA. ha⁻¹). Alors qu'avec l'application du DAP au poquet, le regain en valeur ajoutée a été de 22 % (28 228 F CFA. ha⁻¹), supérieure à celle du témoin sans engrais. L'application du DAP et de l'urée au poquet a permis de réaliser une valeur ajoutée de la production grain par hectare supérieure à celle de tous les traitements avec une pluviométrie suffisante.

Campagne 2007

Dans la commune rurale de Koporo-pen, l'évaluation économique des tests de la campagne 2007 a montré que l'application du DAP et de l'urée au poquet a donné le meilleur bénéfice, avec un accroissement de la valeur ajoutée de 112 % (57 625 F CFA. ha⁻¹) (Tableau VII). Alors qu'avec l'application du DAP au poquet, la valeur ajoutée obtenue a augmenté de 67 % (34 416 F CFA. ha⁻¹) par rapport celle du témoin sans engrais. La microdose de DAP avec ou sans Urée a permis de réaliser une valeur ajoutée de la production

grain par hectare supérieure à celle du témoin sans engrais.

Dans la commune rurale de Madiama, l'évaluation économique des tests de la campagne 2007 a montré que l'application du DAP et de l'urée au poquet a donné le meilleur bénéfice, il a permis d'obtenir un accroissement de la valeur ajoutée de 140,2 % (118 690 F CFA. ha⁻¹). Quant à l'application du DAP au poquet, la valeur ajoutée de la production grain par hectare croît de 71,6 % (60 650 F CFA. ha⁻¹) par rapport au témoin sans engrais.

Dans la commune rurale de Doucombo, l'évaluation économique des tests de la campagne 2007 a montré que l'application du DAP et de l'urée au poquet a présenté le meilleur bénéfice, il a permis un accroissement de la valeur ajoutée de 133 % (120 958 F CFA. ha⁻¹). Alors qu'avec l'application du DAP au poquet, le taux d'augmentation de la valeur ajoutée a été de 74 % (67 958 F CFA. ha⁻¹) par rapport au témoin sans engrais.



Semis de mil et dépôt d'engrais au poquet (Madiama 2007)

Tableau VII. Indicateurs de production après apport en microdose du DAP et d'urée au poquet dans les communes rurales étudiées.

Communes	Itinéraires techniques Indicateurs	Années	Mil (témoin)		Mil + DAP		Mil + DAP + Urée	
			Grains	Paille	Grains	Paille	Grains	Paille
Koporo-pen	Rendement moyen (kg/ha)	2005	560	4 170	750 (ns)	6 960 (ns)	640 (ns)	5 620 (ns)
		2006	695	2 200	1275 (ns)	4 950*	1 285 (ns)	3 750*
		2007	585	3 160	980**	4 400*	1 210**	4 520*
	Coût total de production	2005	24 665	-	39 125	-	41 285	-
		2006	25 860	-	45 200	-	49 030	-
		2007	24 430	-	41 365	-	48 055	-
	Bénéfices/ Pertès	2005	53 735	-	65 875	-	48 315	-
		2006	64 490	-	120 550	-	118 020	-
		2007	51 620	-	86 036	-	109 245	-
Madiama	Rendement moyen (kg/ha)	2005	525	5 325	1 100*	7 750 (ns)	1 050*	6 750 (ns)
		2006	958	6 800	1 050*	5 450 (ns)	2 400*	9350 (ns)
		2007	805	3 957,5	1 380**	6 070**	1 870**	8 227,5**
	Coût total de production	2005	24 175	-	44 025	-	47 025	-
		2006	30 237	-	43 325	-	65 925	-
		2007	28 095	-	47 945	-	58 505	-
	Bénéfices/ Pertès moyennes	2005	49 325	-	109 975	-	99 975	-
		2006	103 883	-	103 675	-	270 075	-
		2007	84 605	-	145 255	-	203 295	-
Doucombo	Rendement moyen (kg/ha)	2005	915	7 500	1 355 (ns)	7 600 (ns)	815 (ns)	7 700 (ns)
		2006	1 160	3 575	1 430 (ns)	3 850 (ns)	1 755 (ns)	4 275 (ns)
		2007	857	2 775	1 490**	4 175**	1 940**	4 700**
	Coût total de production	2005	33 705	-	51 595	-	69 485	-
		2006	33 065	-	48 645	-	56 895	-
		2007	28 823	-	49 485	-	59 485	-
	Bénéfices/ Pertès	2005	95 095	-	138 105	-	44 615	-
		2006	123 335	-	151 555	-	188 805	-
		2007	91 157	-	159 115	-	212 115	-

*: Significatif ; **: très significatif ; ns : non significatif (Source : tests en milieu paysan)

IV. Discussion

L'application de la dose de 2 g de DAP au poquet a permis d'obtenir un surplus de production par hectare de 30 à 100% en grain de mil pour une bonne pluviométrie. Avec les déficits de pluies en début de campagne, le surplus de production a varié de 9 à 14% (des resemis deviennent nécessaires). L'utilisation de la microdose de 2 g de DAP au poquet complété par un apport de 1 g d'urée à la levée donne le meilleur rendement grain de mil, et a permis d'obtenir un accroissement de la production de mil par hectare par rapport au témoin de 50 à plus de 100% en grain. Entre les rendements avec application de DAP et de DAP et de l'urée la différence est non significative. On peut donc recommander le choix du DAP. Des résultats similaires ont été obtenus par Bulkert *et al.* 1998, avec l'application de phosphore au poquet sous forme d'engrais N-P-K sur le mil, par Traore *et al.*, en 2002, et tout récemment par Caroline, 2005-2006 au Niger. Selon Ramadjita Tabo (comm. pers), cette technique fait revivre les régions dont les sols sont dégradés et permet aux agriculteurs de reprendre en main leur destin dans les régions où les engrais sont trop chers ou rares. Une évolution dans les recommandations de base accessibles aux petits producteurs va dans le sens d'une diminution des doses d'engrais chimique (et des coûts). L'application de phosphore au poquet permet dans une certaine mesure de limiter ce problème en minimisant les doses de phosphore à appliquer tout en ayant un gain de rendement acceptable par rapport à l'investissement. L'augmentation de la paille et des rendements en grains de mil peut atteindre 70%. Pour une pluviométrie normale et régulière les risques sont négligeables. Par ailleurs, le phosphore appliqué mais non utilisé par les cultures suite à une mauvaise saison reste en grande partie disponible pour la saison suivante. Selon Morel *et al.*, 1990, l'application d'engrais phosphatés augmente l'utilisation du phosphore par les plantes dans

les sols pauvres en phosphates disponibles, mais diminue l'utilisation du phosphate dans les sols avec un taux élevé de phosphore disponible. Le phosphore contenu dans le Diammonium phosphate (DAP) est soluble. L'efficacité de ce type d'engrais est évaluée entre 10 et 15%. Elle est fonction de la texture et de l'acidité du sol : plus le sol est acide, plus élevés seront les besoins d'apports d'engrais phosphatés. En fonction de l'existence d'une érosion plus ou moins intense, un apport annuel pourrait être plus efficace qu'un apport massif de phosphore en une seule fois et pour plusieurs années.

V. Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré qu'une meilleure utilisation de l'engrais au poquet (3 niveaux d'application : témoin, DAP et DAP et de l'urée) permet d'obtenir un surplus de production (grains et paille) de mil à l'hectare par rapport au témoin. En effet, l'application de la dose de 2 g de DAP au poquet permet d'obtenir un surplus de production par hectare de 30 à 100% en grain de mil pour une bonne pluviométrie. Quant à l'utilisation de la microdose de 2 g de DAP au poquet complété par un apport d'urée à la levée, elle donne le meilleur rendement grain de mil et permet d'obtenir un accroissement de la production de mil par hectare par rapport au témoin de 50 à plus de 100% en grain. Entre les rendements avec application de DAP et de DAP + Urée la différence est non significative. Nous pouvons donc recommander le choix du DAP pour diminuer le coût de production. Malheureusement, la hausse des rendements dans la région ne dépend pas seulement de l'apport en éléments minéraux, mais aussi de plusieurs autres facteurs, notamment de l'humidité. Dans les régions arides et semi-arides, la présence d'un minimum d'eau dans les couches superficielles du sol, jusqu'à une profondeur de 20 à 30 cm, est beaucoup plus importante que la présence d'engrais.

VI. Références bibliographiques

- Badini O. and L. Dioni, 2001. Etude Morpho-pédologique de la Commune de Madiama, Cercle de Djenné – International Programs, Washington State University, Pullman, WA. Technical report SANREM West Africa. Working Paper N° 01-02, 29 pages.
- Buerkert A. and P. Hiernaux, 1998. Nutrient in the West African Sudano-Sahelian zone: Losses. Volume 161, Issue 4. - Pages FMI-VI, 333-484
- Bulkert A C., Muchling B. et Bationo A., 1998. Application au poquet sous forme d'engrais N-P-K sur le mil.
- DRSPR, 1992. (Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale), Éléments de reconnaissance générale dans les zones du Séno et du Delta en Sème région. Rapport, 127 pages.
- FAO/ICRISAT, 1997. L'économie mondiale du sorgho et du mil : faits, tendances et perspectives. ISBN 92-5-203861-2 M-71/W1808F/1/1.97/3500.
- Gerner H., Harris G., 1993. Utilisation et approvisionnement des engrais en Afrique Sub-saharienne. Le rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne : 25, 4, 200-203p.
- Kieft H., Keita N. et van der Heide A., 1994. Engrais Fertile ? Vers une fertilité durable des terres agricoles au Mali. ETC 99 p.
- Morel C., Fardeau J.C., 1990. Uptake of phosphate from soils and fertilizer as affected by soil P availability and solubility of phosphorus fertilizer. Plant and soil, 121 – 217.
- N'Diaye M K., Guindo D., Dicko M.K., 1994. Gestion de la fertilité des sols rizicoles de l'O.N. IER Niono Mali. Rapport, 70 pages.
- Piéri C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération/CIRAD, Paris, 444 p.
- Traore B., Samake O., Badini O., 2002. Combinaison de l'expression régionale et de la gestion holistique pour la recherche des alternatives d'amélioration de la fertilité du sol de la Commune de Madiama ; Africa. Working Paper N° 01-04 18 Pages.

Évaluation du coût de production du maïs en zones cotonnières – CMDT et OHVN – et à l'OPIB

Assessing maize production costs in CMDT, OHVN cotton growing and OPIB areas

Sissoko D.¹, Keïta M.S.¹, Coulibaly N.¹, Diakité D.¹, Coulibaly K. Mallé²,

¹Institut d'Économie Rurale BP 258, Bamako

²Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou

Résumé

Les études économiques sur la culture du maïs n'ont pas suffisamment pris en compte tous les aspects de l'évaluation du coût de production du maïs. La dernière étude, réalisée par Institut d'Économie Rurale (IER) en 1998, intégrant les coûts de production du maïs nécessite une réactualisation au regard de l'évolution de la production et de l'extension des superficies de maïs.

Pour évaluer les coûts de production du maïs, des données primaires alimentant les bases de données de l'Équipe Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles (ESPGRN) de Sikasso et du Programme Maïs ont été exploitées pour le compte des zones cotonnières. Elles ont été complétées par des données secondaires du recueil statistique de la Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT). Concernant le périmètre irrigué, les données secondaires de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB) ont été exploitées.

De l'analyse des données, il ressort que le maïs est produit dans l'ordre de 65 F CFA/kg en moyenne dans les deux principales régions de production (Sikasso et Koulikoro). Le coût moyen varie de 75 à 110 F CFA/kg dans le Périmètre Irrigué de Baguinéda selon que le maïs est produit en hivernage ou en contre-saison.

La standardisation du mode de production (itinéraire technique, variétés, etc.) et la diminution de la performance des producteurs de la zone CMDT de Sikasso explique, en

partie, la similarité des coûts de production dans les zones CMDT et OHVN (Office de la Haute Vallée du Niger). Cette diminution de performance a été expliquée par certains auteurs à travers la baisse des rendements et la diminution des doses d'engrais apportées au maïs suite à la libéralisation du marché des intrants céréales (maïs) dans la zone cotonnière à l'image des autres zones de production céréalière du Mali.

Abstract

Economic surveys on maize production have not accounted enough for all aspects of maize production cost assessment. The last study, carried out by the *Institut d'Economie Rurale* (IER) in 1998, covering maize production costs, needs to be updated according to new developments in maize production and cropping area expansion.

In order to assess maize production costs, primary data from the databases of the Sikasso Natural Resource Production and Management System Team (*Equipe Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles* – ESPGRN) and the Maize Program were used for cotton production areas. They were completed with secondary data from the statistical compendium of the national textile development company (*Compagnie Malienne de Développement des Textiles* – CMDT). As regards the irrigated perimeter, secondary data from the Baguinéda Irrigated Perimeter Authority (*Périmètre Irrigué de Baguinéda* – OPIB) were used.

Data analysis showed that maize production costs averaged CFAF 65 per kg in both key production areas (Sikasso and Koulikoro). The average cost ranges from CFAF 75 to 110 per kg in the Baguinéda Irrigated Perimeter, depending on the maize growing season, i.e. raining or off-season.

The standardization of the production pattern (shifting cultivation, technique, varieties, etc.) and the performance decline of producers in the Sikasso CMDT zone partially accounts for the similarity of production costs in the CMDT and OHVN (*Office de la Haute Vallée du Niger*) zones. Some authors attributed this performance decline to a yield loss and a reduction in fertilizer doses in maize farms following cereal (maize) input market liberalization in cotton production areas, like in other cereal production areas in Mali.

I. Introduction

Le maïs occupe une place de plus en plus importante dans la production céréalière au Mali. Il est devenu la deuxième culture principale en termes d'emblavure dans les zones cotonnières CMDT et OHVN (Mariko *et al.*, 1998). Il occupe environ 5 à 10% des superficies consacrées à la culture des céréales au Mali. Sa production est passée de 50.000 T en 1980 à plus de 600 000 T en 2005 (CPS/MA, 2006) et elle représentait en moyenne 10,04% de la production céréalière en 1988 et 11,08% en 1993. Elle a atteint respectivement 14,02% en 1998, 13,34% en 2003, et 18,67% en 2007. La valeur ajoutée du maïs représentait 11% de celle de l'agriculture vivrière en 1993. En 2003, elle représentait respectivement 14% de la valeur ajoutée de l'agriculture vivrière, 7% de la valeur ajoutée du secteur agricole et 2% du PIB¹.

Cependant, le coût de production du maïs n'a pas été suffisamment mis en exergue par les études économiques relatives à sa culture. En

revanche, ces études ont porté essentiellement sur la description de la filière, la consommation et la transformation du maïs, l'impact de la recherche agricole sur le maïs, la rentabilité de la culture du maïs, etc.

La dernière étude, réalisée par l'IER en 1998, intégrant les coûts de production du maïs, nécessite une réactualisation au regard de l'évolution de la production et de l'expansion des superficies consacrées à cette céréale. Des travaux réalisés par Mariko D. *et al.* (1998), révélaient que le maïs était produit entre 32 et 51 F CFA/kg et que le revenu net d'exploitation était de 11 000 F CFA à 68 000 F CFA/ha selon qu'on soit dans la zone OHVN avec des variétés locales de maïs ou dans la zone CMDT avec des variétés améliorées. Cependant, les auteurs ont occulté les frais de main-d'œuvre essentiellement familiale et ont valorisé le maïs à 80 F CFA le kilogramme.

L'analyse de l'impact économique des technologies générées par la recherche agricole sur le maïs (Diakité L. *et al.*, 2001) a signalé que le maïs est appelé à jouer un rôle fondamental dans la sécurité alimentaire à court ou moyen termes et dans la diversification ou l'amélioration des revenus des ruraux au Mali. Elle n'a, cependant, pas décrit et quantifié ces différents rôles du maïs.

Selon une étude de Kébé D, 1996 citée dans BECIS (1997), le revenu brut du maïs en 1995/96 était de 67 984 F CFA/ha avec une marge brute de 53 419 F CFA/ha dans la zone CMDT. En 1994/95, ce revenu brut était de 47 162 F CFA/ha avec une marge brute de 28 084 F CFA/ha. Ces revenus dans la zone OHVN sont plus faibles car les rendements sont moins élevés. La part du revenu du maïs représentait 38% du revenu total des producteurs en 1995/96 et 39% de la marge brute. Cette étude ne s'est pas appesantie sur les coûts de production bien que les charges à l'hectare et les quantités produites soient quantifiées. Aussi, pour la valorisation de la main-d'œuvre, l'étude a privilégié le 2^{ème} scénario des 2 scénarii de Kébé D. (1996) :

- Dans le premier scénario, la main-d'œuvre est valorisée pendant toute la durée de la

¹Calculé par les auteurs à partir des données des comptes économiques du Mali (sept 2007) et la base de données de l'ESPRN/Sikasso

campagne agricole (cf. coût de production IER, 1993).

- Dans le second scénario, la main-d'œuvre est valorisée uniquement pendant les périodes plus contraignantes de l'année (récolte en zone cotonnière) soit environ 58 hommes/jour.

La présente étude vise à décrire et à analyser le coût de production du maïs dans les principales zones de production d'une part, et d'en informer les acteurs de la filière maïs ainsi que les décideurs de politiques de développement agricoles d'autre part pour qu'ils intègrent les réalités technico-économiques des producteurs de maïs dans leurs prises de décisions respectives.

L'évaluation du coût de production de maïs a été basée essentiellement sur l'appréciation des charges afférentes à la production (y compris l'amortissement des équipements et l'entretien des animaux de traits ainsi que le taux d'intérêt sur les intrants) et la quantité de maïs produite.

II. Matériels et méthodes

2.1. Sources et types de données collectées

- ◆ Concernant la zone CMDT, la base de données de l'Équipe Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles (ESP/GRN)² de Sikasso et le recueil statistique de la CMDT ont été exploités. Les données collectées et traitées sont des données de panel.
- ◆ En zone OHVN, la base de données du Programme Maïs, notamment le projet PSA2-1 MAI, a été exploitée. Seules les données quantitatives ont été utilisées.
- ◆ Pour la zone de Baguinéda (OPIB), la base de données et les résultats du service suivi-évaluation ont été exploités.

2.2. Taille des échantillons et procédure d'échantillonnage

- ◆ La base de données sur les exploitations agricoles du suivi-évaluation permanent (SEP) de l'ESP/GRN de Sikasso est alimentée à partir des données collectées sur un échantillon de 80 exploitations agricoles réparties entre 9 villages dans les 3 régions CMDT de Koutiala, Kadiolo et Bougouni.

Le dispositif du suivi-évaluation de la CMDT concerne 52 villages représentatifs de la zone Mali-Sud et de Kita.

- ◆ La base de données du Programme Maïs est alimentée à partir des données collectées auprès de 124 exploitations de la zone d'intervention de l'OHVN réparties entre 5 secteurs. Ces secteurs ont été choisis sur la base (i) du niveau de production du maïs, (ii) la répartition spatiale des secteurs par rapport à l'ensemble de la zone OHVN, et (iii) l'accessibilité du secteur.

À partir des secteurs, le choix des Secteurs de Base (SB)³, a été opéré, avec l'encadrement technique. Il a été procédé à un regroupement des SB suivant leur niveau de production du maïs (fort, intermédiaire et faible). Ensuite, en fonction de l'importance numérique des groupes ainsi formés, un échantillon de 22 SB a été choisi proportionnellement au poids de chaque groupe (fort, intermédiaire et faible).

Le choix des villages a obéi à la démarche utilisée pour le choix des SB. Un échantillon de 124 exploitations a été retenu proportionnellement au poids de chaque groupe de SB (fort, intermédiaire et faible) dans chaque secteur.

Pour l'évaluation du coût de production du maïs dans la zone OHVN, les données de 49 exploitations pour l'année 2006 et de 27 exploitations pour 2007 ont pu être exploitées. En 2007, il a été difficile de collecter et/ou d'exploiter les données pour l'ensemble de l'échantillon de 2006.

²Les données collectées auprès des producteurs depuis 1988

³Sous entité des secteurs

♦ La base de données du service suivi évaluation de l'OPIB a été exploitée. Elle est alimentée à partir des données collectées auprès d'un échantillon de :

- 40 paysans producteurs de riz et 18 paysans producteurs de maïs de contre-saison ;
- 54 paysans en saison d'hivernage.

Ces paysans sont tirés au hasard selon la méthode harmonisée.

2.3. Méthode d'évaluation du coût de production et du produit brut du maïs

L'évaluation du coût de production du maïs a été basée essentiellement sur l'appréciation de des charges afférentes à la production (y compris l'amortissement des équipements et l'entretien des animaux de traits ainsi que le taux d'intérêt sur les intrants⁴) et la quantité de maïs produite. Le rapport charges de production (en F CFA) sur la production (en kg) détermine le coût de production du kilogramme de maïs en F CFA.

Dans le calcul de l'amortissement des matériels agricoles et l'entretien des animaux de trait, en zone OHVN, il n'a été pris en compte que les 2/3 des montants alloués à l'entretien en zone CMDT sous l'hypothèse que la production est moins intensive en zone OHVN qu'en zone CMDT.

Le taux d'intérêt sur les intrants en zone OHVN (13,09%) est donné par les exploitations et leurs organisations à travers une enquête dans le cadre du projet PSA2-1 MAI. Il est relatif aux engrais minéraux et herbicides et s'ajoute aux coûts des intrants sous l'hypothèse que le producteur reçoit du marché des capitaux le fonds nécessaire pour ses intrants. En zone CMDT, le taux d'intérêt de la BNDA (Banque Nationale de Développement Agricole) propre à ladite zone (10%+TAF : Taxe sur les Affaires Financières soit 15% des intérêts) a été utilisé.

⁴Le taux d'intérêt appliqué sur les intrants (sauf la fumure organique) est de 13,09%.

Pour l'évaluation du produit brut du maïs, les 2/3 de la production de maïs de chaque exploitation ont été valorisés aux prix moyens aux producteurs du 1^{er} semestre de l'année et les 1/3 restant aux prix moyens du second semestre de l'année. Les prix régionaux de l'Observatoire du Marché Agricole (OMA) ont été utilisés sauf pour la zone de l'OPIB où les prix locaux ont été utilisés.

Les sous-produits (chaume et rafle) ont été valorisés et ajoutés à la valeur monétaire du maïs grain pour former le produit brut du maïs. La rafle est estimée à partir du taux d'égrainage moyen du maïs qui est 82% et les 18% restant, représentant la quantité de rafle, ont été valorisés à un prix forfaitaire de 25 F CFA/kg. Pour les chaumes, la quantité et la valeur ont été estimées en utilisant les informations obtenues de Kanté (2001) sur les productions de chaque culture et les coefficients Z obtenus du rapport tige/graine. Ce coefficient Z est, en moyenne, 1,6 pour le maïs. L'auteur a calculé, pour une charretée de tige de maïs (120 kg), un coût d'environ 360 F CFA en zone Mali-Sud nonobstant le coût d'acquisition des tiges.

En zone CMDT, le coût de production du maïs pour l'année 2006 résulte de l'acceptation des données et hypothèse ci-dessous :

- ♦ Rendement maïs (2906 kg) + Intrants + Superficie (1,06 ha) : résultat du suivi-évaluation ESPGRN
- ♦ Amortissement des équipements + entretien des animaux de trait : calculé à partir des données ESPGRN
- ♦ Prix moyen aux producteurs : 1^{er} semestre = 83 F CFA/kg ; 2^{ème} semestre 60 F CFA/kg
- ♦ Norme d'exécution technique (couvrant les travaux et service) pour la production du maïs en zone CMDT
- ♦ Total MOF : 46% de la MO totale, issu du recueil statistique 05-06 de la CMDT
- ♦ Total MOS : 54% de la MO-totale, issu du recueil statistique 05-06 de la CMDT
- ♦ Prix chaume = 3 F CFA/kg tiré de Kanté (2001)

- ♦ Prix rafle = 25 F CFA/kg
- ♦ En zone OHVN, les données et hypothèse qui sous-tendent les calculs sont les suivantes :
- ♦ Rendement maïs : résultat des enquêtes
- ♦ Amortissement des équipements : calculé à partir des données d'enquêtes
- ♦ entretien des animaux de trait : 2/3 des valeurs en zone CMDT
- ♦ Prix moyen aux producteurs :
 - En 2006 : 1^{er} semestre = 90 F CFA/kg ; 2^{ème} semestre 61 F CFA/kg.
 - En 2007 : 1^{er} semestre = 70 F CFA/kg ; 2^{ème} semestre 75 F CFA/kg.
- ♦ Prix chaume = 3 F CFA/kg tiré de Kanté (2001)
- ♦ Prix rafle = 25 F CFA/kg

Le coût de production a été évalué en 2006 puis en 2007, à l'échelle des Secteurs de Base (SB), sur la base de la moyenne des exploitations du SB. Ensuite, à l'échelle des Secteurs, sur la base de la moyenne des exploitations du secteur et, enfin, à l'échelle de l'OHVN sur la base de la moyenne de l'ensemble des exploitations de l'année. La main-d'œuvre, qu'elle soit familiale ou salariale, a été valorisée aux

prix en cours suivant les localités et les coûts de production ont été calculés à partir des budgets de cultures individuels pour chaque exploitation.

III. Résultats et discussions

3.1. Zone CMDT (région de Sikasso)

Cette région produit 65% de la production nationale de maïs (sur la base de la moyenne nationale de 1984 à 2005 qui est **303 208,05** tonnes). Elle est suivie par la région de Koulikoro avec 18%, puis les régions de Kayes avec 10% et de Ségou avec 7% de la production nationale du maïs. Les régions de Gao, de Tombouctou et de Mopti produisent ensemble moins de 0,5% de la production nationale du maïs (Figure 1). Selon Témé (1992) cité dans BECIS, la consommation du maïs, par habitant et par an, varie largement selon les régions et la région de Sikasso occupe la première place non seulement en production mais aussi en consommation.

Le Tableau I récapitule les différentes charges (F CFA/ha) et donne le coût de production de maïs (F CFA/kg). Aussi, renseigne-il sur le revenu brut de maïs en zone CMDT.

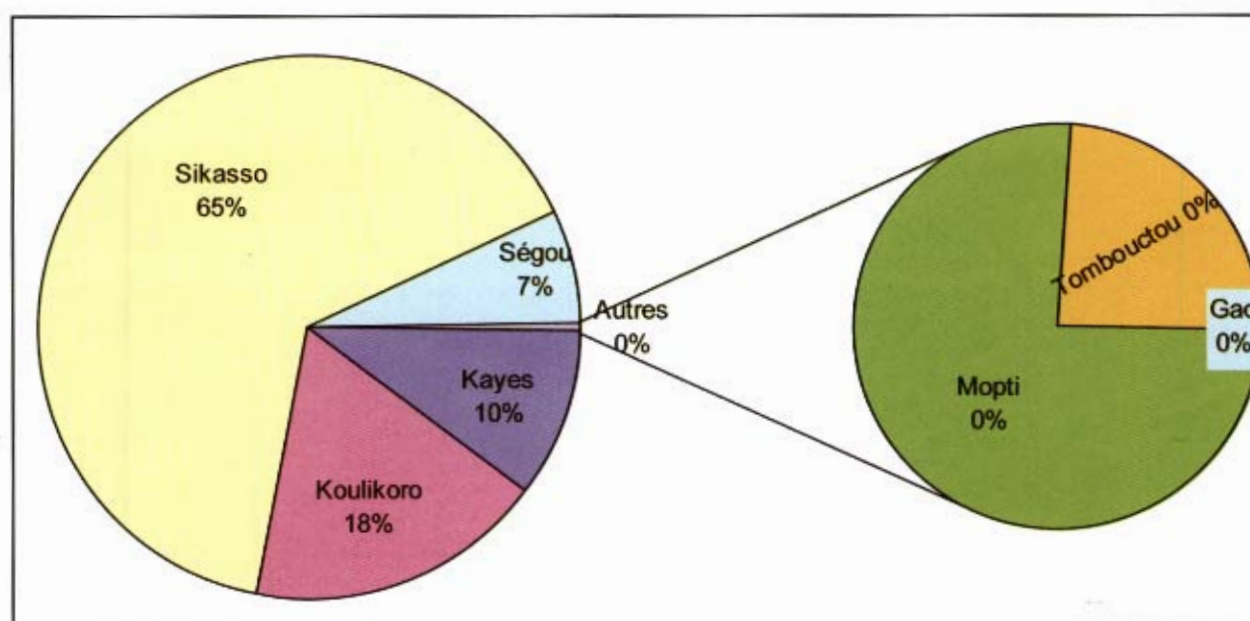


Figure 1. Pourcentage de production de maïs par région de 1984 à 2005

Tableau I. Budget de culture du maïs en zone CMDT, campagne 2006-2007

Catégories	Désignation	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire	Montant (F CFA/ha)
Main-d'œuvre	Nettoyage de la parcelle	2500 m ²	4	1 000	4 000
	Labour de la parcelle	Tracteur	1	15 000	15 000
	Apport CCE + Hersage	2000 m ²	5	1 000	5 000
	Semis	2000 m ²	5	1 000	5 000
	Ressemis	5000 m ²	2	1 000	2 000
	Premier Sarclage	800 m ²	12,5	1 000	12 500
	Démariage	2500 m ²	4	1 000	4 000
	Deuxième sarclage	800 m ²	12,5	1 000	12 500
	Apport d'urée + buttage	2000 m ²	5	1 000	5 000
	Désherbage manuel après buttage	1429 m ²	7	1 000	7 000
	Coupe et mise en bottes				5 000
	Récolte des épis, Déspathage				20 000
	Transport aire de séchage, égrenage, vannage				10 000
	Mise en sac et pesée				5 000
	Coût total T&S				112 000
	Total MOF	%	46		51 520,00
	Total MOS	%	54		60 480,00
Intrants	Semence	kg	18,18	300,00	5 454,19
	Urée	kg	75,56	222,5	16 812,97
	DAP	kg	76,65	265,50	20 351,10
	Fumure organique	kg	405,49	4,00	1 621,99
	Intérêt banque	F CFA	10% +TAF		4 901,10
	Coût des intrants	F CFA			49 141,35
Charges fixes	Amortissement équipements + entretien des animaux	F CFA			14 971,53
	Total charges fixes				14 971,53
Résumé des charges	Total charges globales/coût de production/ha				176 112,89
	Total charges sans MOF				124 592,89
Produits	Produit brut de maïs en F CFA				247 645,11
	Production de maïs en kg	kg	2732,752	83	205 867,33
	Production de chaume de maïs	charretée	36,4367	360	13 117,21
	Production de rafle de maïs	kg	599,8724	25	14 996,811
Indicateurs de performances	Coût de production du maïs (F CFA/kg)				64,45
	Coût de production du maïs sans MOF				45,59
	Marge brute avec MOF				57 868,46
	Marge brute sans MOF				109 388,46

À partir des données et hypothèses formulées, le coût de production du maïs en zone CMDT, au cours de la campagne agricole 2006-2007, est de 64,45 F CFA/kg ce qui représente le double du coût de production du maïs en 1998 (32 F CFA/kg d'après Mariko D. *et al.* (1998)).

Les travaux réalisés par Mariko D *et al.* (1998) découvrent que le revenu net d'exploitation en zone CMDT est de 68 000 F CFA/ha tandis que ceux du Bureau d'Etudes Conseil et Intervention dans le Sahel (BECIS) indiquaient que le revenu brut du maïs en 1995/96 était de 67 984 F CFA/ha avec une marge brute de 53 419 F CFA/ha dans la zone CMDT. En 1994/95, ce revenu brut était de 47 162 F CFA/ha avec une marge brute de 28 084 F CFA/ha.

Pour le calcul du revenu net, les auteurs du BECIS ont retranché du revenu brut, les charges de la main-d'œuvre familiale et celles de l'amortissement des matériels agricoles. Dans l'évaluation du coût de production par Mariko D. *et al.*, (1998), les frais de main-d'œuvre essentiellement familiale n'ont pas été pris en compte et le maïs a été valorisé à 80 F CFA le kilogramme tandis que la présente étude a pris en compte la main-d'œuvre et valorisé le maïs selon la procédure décrite dans la méthodologie d'évaluation du coût de production du maïs.

Concernant les travaux du BECIS (fortement inspirés de ceux de Kébé D. (1996) qui proposent deux scénarii pour valoriser la main-d'œuvre), la valorisation de la main-d'œuvre a été faite selon le 2^{ème} scénario : la main-d'œuvre valorisée pendant les périodes contraignantes de l'année, soit environ 58 hommes/jour.

3.2. Zone OHVN (région de Koulikoro)

Selon Kébé D. (2000), cité dans Sanogo O. (2001), la région de Koulikoro, à l'opposé de celles de Ségou et de Sikasso, est une région à faible production céréalière. Cependant, de 1990 à 1999, elle a connu

un taux élevé d'accroissement moyen de sa production céréalière (6,5%). Ses meilleures performances de production ont été réalisées dans la production de maïs (13,8% de taux d'accroissement moyen). Cette tendance a été maintenue pour la période de 2000 à 2005 avec un taux moyen d'accroissement de 20%¹.

Le coût de production en zone OHVN est évalué à 63,92 F CFA/kg en 2006 (Tableau II) et à 61,142 F CFA/kg en 2007 (Tableau III). De façon générale, la production moyenne de maïs pour l'échantillon de 2007 est supérieure à celle de 2006, ce qui explique en partie la différence de coût de production.

Le plus faible coût de production en 2006 a été constaté à Kati (51,87 F CFA/kg) suivi de Dangassa (59,61 F CFA/kg). Ensuite, viennent les secteurs de Koulikoro (62,15 F CFA/kg), de Ouélessébougou (75,20 F CFA/kg) et de Bancoumana (77,09 F CFA/kg). Par contre, en 2007, le plus faible coût de production a été constaté à Koulikoro (58,96 F CFA/kg) suivi de Kati (61,65 F CFA/kg) de Bancoumana (62,77 F CFA/kg) et, enfin, Ouélessébougou (63,60 F CFA/kg).

Le Tableau IV récapitule le compte d'exploitation de l'échantillon 2007 composé de quelques exploitations de l'échantillon 2006 et d'autres pour lesquelles les données de 2006 n'étaient pas exploitables.

En 1998, le coût de production du maïs était de 51 F CFA le kilogramme et le revenu net d'exploitation était de 11 000 F CFA, Mariko (1998). Cependant, ce revenu net renferme les charges/frais de main-d'œuvre car l'étude ne les a pas pris en compte et elle a valorisé le maïs à 80 F CFA le kilogramme.

Aujourd'hui, en zone OHVN, bien que le maïs soit produit à un coût plus élevé (61 F CFA/kg), la culture du maïs génère un revenu plus substantiel 52 266 F CFA/ha contre 11 000 F CFA. Ce revenu est dégrevé des frais de main-d'œuvre (familiale et salariale), de l'amortissement et de l'entretien

¹Calculé par les auteurs

Tableau II. Coût de production du maïs en zone OHVN, campagne 2006/2007

N° Exploitation	Production (kg)	Revenu (F CFA/ha)	Coût de production (F CFA/ha)	Coût de production (F CFA/kg)	Coût de production/ SB (F CFA/kg)	Secteur de base
10111	1550	15909,71	233123,62	75,20	77,09	DJIGUIDALA
10112	4625	73922,34	75764,36	45,87		
10121	2074	59966,51	225261,01	99,92		
10122	4370	82605,76	258785,93	68,69		
10131	1640	7015,05	141603,61	86,34		
10132	600	9842,16	207648,57	86,52		
BANCOUMANA		41543,59	190364,517	77,09		
20111	8000	257969,16	104515,39	26,13	52,86	FARABANA
20112	8000	124110,72	117545,64	44,08		
20113	12000	206672,23	104028,82	30,34		
20114	7500	114458,77	112094,07	44,84		
20115	3200	- 22603,96	254594,08	99,45		
20116	2600	0,8000813	188472,79	90,61		
20117	2500	10591,11	215961,74	86,38		
20118	7500	89911,28	136641,57	54,66		
20119	39750	172467,20	94361,71	32,05		
20121	18500	187884,58	147413,63	39,84		
20122	6250	116590,49	109962,35	43,98		
20123	8500	219963,62	101814,29	41,92		
20311	4425	98648,13	168684,22	57,18	73,12	DANGASSA
20312	1450	3413,58	127987,07	88,27		
20313	2200	11092,22	102831,49	81,80		
20314	1680	117,36	152126,16	90,55		
20315	2960	45494,96	133330,75	67,57		
20316	1760	65591,65	93901,55	53,35		
DANGASSA		94576,33	137014,85	59,61		
30111	8400	250104,01	146032,44	60,85	84,99	BENEKO
30112	5000	15109,53	166132,74	83,07		
30113	5500	65284,64	183923,48	66,88		
30114	3600	- 23292,76	186410,81	103,56		
30115	3500	- 27989,67	154859,27	110,61		
30211	5000	78944,79	147608,05	59,04	58,87	SIR
30212	3000	165064,94	106798,48	35,60		
30231	1500	12967,10	122964,60	81,98		

SIR : SIRAMANAN

Tableau II. Coût de production du maïs en zone OHVN, campagne 2006/2007 (suite)

N° Exploitation	Production (kg)	Revenu (F CFA/ha)	Coût de production (F CFA/ha)	Coût de production (F CFA/kg)	Coût de production/ SB (F CFA/kg)	Secteur de base
OUELESSEBOUGOU		67024,07	151841,23	75,20		
40111	6500	78029,42	118316,37	54,61	51,87	DIO GARE
40112	2000	5914,82	114913,36	86,19		
40121	7000	187642,25	129531,73	37,01		
40122	3000	104733,78	76508,50	38,25		
40123	2000	101477,26	79765,01	39,88		
40124	2700	63598,34	99519,71	55,29		
KATI		90232,65	103092,45	51,87		
50111	2250	89769,44	114128,12	50,72	65,87	KOULA
50112	2062	30086,30	119402,33	72,38		
50121	1450	36025,20	95375,45	65,78		
50122	1750	38375,37	120211,62	68,69		
50123	1580	29761,09	113420,31	71,79		
50211	2500	83149,01	143403,83	57,36	56,66	KKRO
50221	3258	137782,93	157460,74	48,33		
50222	2875	50472,41	123218,11	64,29		
50511	3400	18495,36	135560,57	79,74	61,45	KEN
50512	1400	94168,09	159571,09	56,99		
50513	1050	180602,15	159571,09	47,62		
KOULIKORO		71698,85	131029,39	62,15		
COÛT DE PRODUCTION OHVN 2006-2007 (F CFA/kg)						63,92

KKRO : KOULIKORO ; KEN : KENENKOUN



Production de maïs, variété Sotubaka, à Flaboula (Bougouni) campagne 2008-2009

Tableau III. Coût de production du maïs en zone OHVN, campagne 2007/2008

N° exploitation	Production (kg)	Coût de production (F CFA/ha)	Superficie (ha)	Coût de production (F CFA/kg)	Coût de production/ SB (F CFA/kg)	Secteur de base
10414	2100	91364,42	2,00	87,01	87,01	KENIORO
10512	3089	177154,41	1,00	57,35	50,65	NANA KENIEBA
10513	5940	130542,09	2,00	43,95		
BANCOUMANA				62,77		
30111	7000	95361,67	4,00	54,49	63,60	BENEKO
30112	5000	106077,52	2,50	53,04		
30113	3600	186728,74	1,50	77,80		
30114	4500	158281,05	1,50	52,76		
30115	2100	111853,43	1,50	79,90		
OUELESSEBOUGOU				63,60		
40111	7000	131376,50	3,00	56,30	57,21	DIO GARE
40112	3500	81211,23	3,00	69,61		
40121	6000	112233,09	2,50	46,76		
40122	3000	109261,33	1,50	54,63		
40123	2000	117705,88	1,00	58,85		
40124	3000	68496,85	2,50	57,08		
40211	7000	183427	2,00	52	71	KALIFA-BOUGOU
40212	1200	101793	1,00	85		
40222	1900	70695	2,00	74		
KATI				61,65		
50111	2600	114807,39	1,00	44,16	55,53	KOULA
50112	1500	101073,90	1,00	67,38		
50121	1500	82595,82	1,00	55,06		
50211	5000	130283,26	2,00	52,11	56,49	KOULI-KORO
50212	6500	139686,65	2,00	42,98		
50213	800	118983,42	0,50	74,36		
50411	2500	107048,68	2,00	85,64	63,40	DOUMBA
50412	1050	91495,16	1,00	87,14		
50413	2000	84213,56	1,00	42,11		
50414	2500	96744,00	1,00	38,70		
KOULIKORO				58,96		
COUT DE PRODUCTION OHVN 07/08 (F CFA/kg)						61,142

des équipements et animaux de trait des exploitations.

La standardisation du mode de production (itinéraire technique, variétés, etc.) et la diminution de la performance des producteurs de la zone CMDT de Sikasso explique en partie la similarité des coûts de production dans les zones CMDT et OHVN. Cette baisse de performance a été expliquée à travers la baisse

des rendements consécutive à la diminution des doses d'engrais apportées au maïs. Selon Djouara (2004) l'approvisionnement en intrants céréales (maïs) est libéralisé dans la zone cotonnière à l'image des autres zones de production céréalière du Mali. Cette situation est en grande partie la cause de la baisse des doses de complexe céréale et d'urée apportées sous le maïs.

Tableau IV. Compte d'exploitation moyen des échantillons de la campagne 2007-2008, en zone OHVN

Exploitations	Désignation	Nombre de jour	Nombre de personne	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
OHVN	TRAVAUX ET SERVICES						
Main-d'œuvre et services	Nettoyage	2,31	3,27	mo F	7,65	663,46	4990,38
	Transport FO	10,10		charretée	44,27	286,36	10845,45
	Épandage FO	3,29	4,14	mo F	9,11	625	5583,33
	Labour	2,67	Charrue/jour ou ha			6740,74	15833,33
	Semis	1,93	MO Familiale / semoir / ha			2111,11	6564,81
	Ressemis	1,10	2,20	mo F	1,95	700	1325,00
	Herbicidage	1,00	MO Familiale / ha			750	821,43
	Épandage d'urée	1,18	1,50	mo F	1,68	686,36	1072,73
	Épandage DAP	1,04	1,38	mo F	1,54	670,83	952,08
	Sarclage mécanique	2,38	Charrue/jour ou ha			4250	11187,50
	Sarclage manuel	3,82	5,91	mo F	19,05	806,82	15340,91
	Buttage	2,04	Charrue/jour ou ha			4458,33	9250,00
	Gardiennage	19,44	1,22	mo F	24,89	327,78	7055,56
	Récolte	2,24	5,24	mo F	9,52	1013,89	6949,07
	Déspathage	3,93	8,37	mo F	24,89	571,30	12893,52
	Égrainage	2,37	7,30	mo F	17,16	635	9350
	Achat sac			sac	36,32	300	10896
	Transport		Charrette ou sac			615	2990
	TOTAL T&S	36,28	40,96				
Intrants	INTRANTS						
	Semence			kg	33,15	300	9944,44
	Fumier			charrette	46,82	354,54	12420,45
	Urée			sac	1,83	11125	20395,83
	DAP			sac	2,60	13475	35035,00
	Herbicide			litre	1,57	4857,14	7214,29
	Herbicide			sachet	2	1250	2500,00
	Intérêt banque			F CFA			7921,27
	COÛT INTRANTS			F CFA			80518,49
	Amortissement			F CFA			3217,91
	Total Charges			F CFA			196984,55
Indicateurs de performances	Produit brut			F CFA			285021,37
	Production de maïs en kg			F CFA	3477	71,68	249250,68
	Production de chaume de maïs = $(1,6 \cdot P)/120$		Charretée = 120 kg		46,36	360	16689,60
	Production de rafle de maïs = $((100 \cdot P)/82) - P$			kg	763,24	25	19081,10
	Superficie			ha	1,74		
	Coût de production						61,14
	Revenu/ha						52266,12
	Rémunération du travailleur/ha						1319,99

3.3. Zone OPIB (région de Koulikoro)

La situation des coûts de production est donnée annuellement par le service Suivi-Évaluation de l'OPIB et concerne les principales cultures de la zone (en contre-saison et en hivernage). Ce service n'intègre pas malheureusement les charges afférentes à l'amortissement des équipements et à l'entretien des animaux de trait dans son évaluation de coûts de production.

Les Tableaux V, VI et VII donnent le coût de production du maïs en contre-saison (Campagnes 2005-2006 et 2006-2007) et en hivernage (Campagne 2006-2007).

La marge bénéficiaire du maïs de contre-saison campagne 2005-2006 (30 F CFA/kg) est inférieure à celle de la contre-saison campagne 2004-2005 (67,21 F CFA). Cette faiblesse de

la marge bénéficiaire s'explique par le faible niveau de rendement (**OPIB, 2006**).

Le maïs irrigué de contre-saison (campagne 2006-2007) n'a enregistré qu'une marge bénéficiaire de 11,23 F CFA contre 30 F CFA en contre-saison (campagne 2005-2006). Cette diminution s'explique par le niveau des rendements qui est passé de 1 715,57 kg/ha (campagne 2005-2006) à 1 395,3 kg/ha (campagne 2006-2007).

Le coût de production du maïs, cultivé en hivernage (campagne 2006-2007), a augmenté de 25,7 F CFA/kg par rapport à la campagne passée (maïs cultivé en hivernage de la campagne 2005-2006). Cette augmentation s'explique par la baisse de rendement au cours de la campagne 2006-2007, (1 616,78 kg contre 2 928,56 kg/ha).

Tableau V. Coût de production du kg de maïs irrigué de contre-saison (campagne 2005-2006)

Désignation	Unités	Coût/Quantités
Semence	F CFA	1 500
Préparation du sol	F CFA	38 462
Fertilisation	F CFA	39 000
Traitement phytosanitaire	F CFA	0
Opérations culturales	F CFA	69 500
Redevance eau	F CFA	6 000
Total charges/ha	F CFA	154 462
Rendement	kg/ha	1 715,57
Coût de production de 1 kg de maïs	F CFA	90
Prix moyen du kg au marché de Soundougouba	F CFA	120
Marge bénéficiaire/kg	F CFA	30
Rappel coût de 1 kg de maïs en 2005	F CFA	97,21

Source : OPIB, Décembre 2006

Tableau VI. Coût de production du kg de maïs irrigué de contre-saison (campagne 2006-2007).

Désignation	Unités	Coût/Quantités
Semence	F CFA	2 085
Préparation du sol	F CFA	36 730
Fertilisation	F CFA	38 250
Traitement phytosanitaire	F CFA	0
Opérations culturales	F CFA	71 500
Redevance eau	F CFA	3 200
Opérations après récolte	F CFA	
Total charges/ha	F CFA	151 765
Rendement	kg/ha	1 395,3
Coût de production de 1 kg de maïs	F CFA	108,77
Rappel coût de 1 kg de maïs en 2005-2006		90
Prix moyen du kg au marché de Soundougouba	F CFA	120
Marge bénéficiaire/kg	F CFA	11,23

Source : OPIB, juillet 2007

Tableau VII. Coûts de production du kg du maïs de saison (campagne 2006-2007).

Désignation	Unités	Coût/Quantités
Semence	F CFA	2500
Préparation du sol	F CFA	25000
Fertilisation	F CFA	29500
Traitement phytosanitaire	F CFA	-
Opérations culturales	F CFA	40000
Opérations après récolte	F CFA	25760
Total charges/ha	F CFA	122760
Rendement	kg/ha	1616,78
Coût de production de 1 kg de maïs	F CFA	75,92
Prix moyen du kg au marché de Soundougouba	F CFA	121
Marge bénéficiaire/kg	F CFA	45,08
Rappel coût de 1 kg de maïs en 2005	F CFA	50,22

Source : OPIB, Décembre 2006

IV. Conclusion

l'évaluation du coût de production du maïs, bien qu'elle soit complexe (autant du point de vue du temps et des moyens à y consacrer, que de la grande variabilité des unités de mesure dans l'évaluation des opérations culturales des exploitations), demeure cependant nécessaire et revêt un caractère annuel afin de mieux informer les décideurs et rendre compte de la rentabilité de la culture du maïs.

À partir des hypothèses formulées et des résultats de l'analyse des données suscitées, il ressort que le maïs est produit dans l'ordre de 65 F CFA/kg en moyenne dans les deux principales régions de production (Sikasso et Koulikoro). Ce coût de production moyen varie de 75 à 110 F CFA/kg dans le périmètre irrigué de Baguinéda selon que le maïs est produit en hivernage ou en contre-saison.

Le revenu du maïs était, en 1998, de 11.000 F CFA à 68.000 F CFA/ha selon qu'on soit dans la zone OHVN avec des variétés locales de maïs ou dans la zone CMDT avec des variétés améliorées. Ce revenu était, selon les études de BECIS en 1994-1995, dans une fourchette de 45 000 à 65 000 F CFA/ha.

Aujourd'hui, bien que le maïs soit produit à un coût plus élevé (64 F CFA/kg), la culture du maïs génère un revenu plus substantiel 52 266 F CFA/ha en zone OHVN pour la campagne 2007-2008. Par contre, il est de 57868,46 F CFA/ha en zone CMDT pour la campagne 2006-2007. Ce revenu, dans les deux cas, est dégrevé des frais de main-d'œuvre (familiale et salariale), de l'amortissement et de l'entretien des équipements et animaux de traits des exploitations.

Le revenu moyen du maïs en zone OHVN pour la campagne 2006-2007 est de l'ordre de 77 916,55 F CFA/ha. En excluant les 11 exploitations de l'échantillon pour lesquelles le revenu est négatif ou trop faible (inférieur ou égal à 15 000 F CFA), le revenu moyen de l'échantillon serait alors de 100 526,59 F CFA.

V. Bibliographie

- Mariko D., Diakitè L., Mars 1998. Etude de l'impact Economique de la recherche agronomique sur le maïs, Rapport d'étape, Ecofil, IER, 36p.
- Diakitè L., Coulibaly B.S., Octobre 2001. Analyse d'impact économique des technologies générées par le programme maïs, ECOFIL/IER, 18p.
- Bureau Etudes Conseil et Intervention dans le Sahel (BECIS), 1997. Rapport provisoire, développement et valorisation de la filière maïs au Mali : diagnostic et proposition d'actions, 112p.
- Kanté S., 2001. Gestion de la fertilité des sols selon les classes d'exploitation en zone Mali-Sud.
- Sanogo O., Koné H., Novembre 2001. Institut du Sahel, Projet Sécurité Alimentaire, étude de base sur l'insécurité alimentaire et la pauvreté au Mali version finale, 55p.
- OPIB, Décembre 2006. Neuvième session du Conseil d'Administration, Rapport annuel d'activité campagne 2006, 40p + annexes
- OPIB, juillet 2007. Rapport de fin de campagne de contre-saison 2007, 11p.
- CPS/MA, 2006. La statistique sur la production, la superficie, et le rendement des céréales de 1960 à 2005, Bamako, CPS, 14p.
- DNSI, sept 2007. Compte Economique du Mali, séries définitives de 1977 à 2005, résultats provisoires de 2006, comptes prévisionnels de 2007 et 2008.
- Djouara H, Michel Fok A.C, Mama Koné, Abdoulaye Dolo, 2004. Combined and changing effects of market incentives, technical innovations and support on maize production in Southern Mali.



Effets de facteurs incitatifs à la production sur les exploitations cotonnières au Mali

Effects of incentive factors in the production of cotton farms in Mali

Koné B.^{1,3}, Berti F.², Lebailly Ph.², Témé B.³

¹Doctorant Unité d'Économie et Développement Rural, Gx ABT, 5030 Gembloux
Email : B.kone@ulg.ac.be, Gsm : +32 499 31 42 63 ou +223 76 39 84 00 (Mali)

²Unité d'Économie et Développement Rural Gx ABT, 5030 Gembloux

³Institut d'Économie Rurale (IER) Bamako, Mali

Résumé

Le coton constitue le premier produit agricole d'exportation, pour le Mali, avec 84,370 milliards F CFA en 2010 (INSTAT, 2010). La production de cette culture connaît d'énormes problèmes d'origines tant externes qu'internes. Ce travail intervient dans une situation conjoncturelle où des mesures ont été prises pour accroître la production cotonnière au Mali.

L'objectif de ce travail est d'analyser les effets de facteurs incitatifs à la production cotonnière sur les exploitations agricoles au Mali.

Des enquêtes ont été réalisées auprès d'un échantillon de 240 exploitations dans les quatre zones CMDT (Compagnie Malienne pour le Développement du Textile) à raison de deux villages par zone en 2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012.

Les résultats ont montré une évolution positive des productions (essentiellement due à une augmentation des superficies), et du revenu coton des producteurs ainsi qu'un taux de remboursement plus élevé des crédits intrants.

Les mesures incitatives favorisées par le prix mondial de la fibre du coton ont créé une réelle motivation chez les producteurs à faire plus de superficie, d'où une augmentation de

production et du revenu, mais avec une faible augmentation du rendement.

Mots clés : Subvention engrais, prix incitatif, filière coton au Mali

Abstract

Cotton is the first export crop in Mali with CFAF 84,370 billion in 2010 (INSTAT, 2010), but the production of this crop faces huge problems due to external and internal factors. This work is carried out in an economic context where action has been taken to boost cotton production in Mali. The objective of this work is to analyze the effects of the incentive policy for cotton production on agricultural farms in Mali. The investigations were conducted among 240 farms in the CMDT regions on a two villages per region basis in 2008/09, 2010 and 2011/12. The results showed a positive trend in production (mainly due to an increase in the area) and income for cotton producers with a higher reimbursement rate of input credits. These incentive measures, favored by the world price of cotton fiber, have created a great motivation for producers to expand cropping areas in order to increase their production and income but with low yields.

Keywords: fertilizer subsidy, incentive price, cotton sector in Mali



✓ Exploitations agricoles

Pour notre étude, nous avons adopté une typologie proche de celle réalisée par la CMDT depuis 1980 (Djouara *et al.*, 2006). Cette typologie de la CMDT distingue quatre types d'exploitations : le **type A** est composé d'exploitations possédant plus de dix bovins et de deux unités de culture attelée, avec au moins deux paires de bœufs de labour, une charrue, un semoir, et une charrette ; le **type B** concerne les exploitations ne disposant que d'une unité de culture attelée et moins de dix bovins ; le **type C** correspond aux exploitations n'ayant qu'un attelage incomplet, et le **type D** à celles dans lesquelles les seuls outils sont manuels. Nous avons retenu trois (3) types : Bien équipé = type A, Equipé = type B et Moins équipé = type C+D. Cela s'explique par le fait que le type D de la CMDT a tendance à disparaître.

L'enquête a concerné 240 exploitations réparties entre les quatre (4) zones CMDT (soit 60 par zone) et huit (8) Coopératives de Producteurs de Coton (CPC) (1 coopérative par village). Dans les villages enquêtés, le nombre de CPC varie de 1 à 3 et c'est le nombre de membres (adhérents) qui a été déterminant pour le choix des coopératives. Les 240 exploitations sont réparties entre les différents types d'exploitations (Bien équipé, Equipé,

Moins équipé) en faisant une pondération sur l'importance relative de chaque catégorie.

C'est ainsi qu'il a été retenu pour notre enquête, 38 % d'exploitations bien équipées (92 exploitations), 44 % d'exploitations équipées (104 exploitations) et 18 % d'exploitations moins équipées (44 exploitations). Le Tableau I montre la répartition de l'échantillon d'enquête.

Sur la base de la taille de l'échantillon retenu dans chaque village, des exploitations ont été inventoriées et tirées de façon aléatoire (en déterminant un pas de tirage) à partir d'une liste élaborée par type d'exploitation par les secrétaires des CPC.

Encodage des données

Après les enquêtes, un masque a été conçu pour la saisie des données sur SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Ce travail a abouti au traitement et à l'analyse des données collectées.



Tableau I. Répartition de l'échantillon par zone et par type d'exploitation

Zones CMDT	Villages	Type			TOTAL
		Bien équipé	Equipé	Moins équipé	
Koutiala	Pala N'Tarla	23	26	11	60
Fana	Kola Guana	23	26	11	60
Kita	Doukourakoroni Batimakana	23	26	11	60
Bougouni	Ourom Mafeleni	23	26	11	60
TOTAL		92	104	44	240

III. Résultats

3.1. Accroissement de la superficie, du rendement et de la production

En 2011/2012, avec les mesures directes du gouvernement malien, couplées à l'augmentation du prix du coton graine en application avec le mécanisme de fixation des prix aux producteurs, il y a eu une certaine motivation au sein des Coopératives des Producteurs de Coton (CPC) au Mali. Cela a permis d'augmenter les superficies emblavées et le niveau de production cotonnière.

Le Tableau II montre l'évolution des superficies (ha) en 2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012 par type d'exploitation.

Nous constatons une augmentation des superficies chez tous les types d'exploitations

avec un taux plus élevé pour le type équipé (25%) de 2008/09 à 2011/12. De 2010/11 à 2011/12, le type bien équipé a enregistré un taux d'accroissement de 22%. Quand à la moyenne pour l'ensemble, elle donne un taux de 23% entre 2008/2009 et 2011/2012. La différence de moyennes observée entre 2010/2011 et 2011/2012 est statistiquement significative chez tous les types d'exploitations et pour l'ensemble des exploitations. Par contre, entre 2008/2009 et 2011/12, elle est significative seulement pour l'ensemble des exploitations.

À la question de savoir « *pourquoi augmentez-vous les superficies coton en 2011/12 ?* », les réponses données par les producteurs sont consignées dans le Tableau III.

Tableau II. Evolution des superficies moyennes (ha) de coton en 2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012 des villages enquêtés par type d'exploitation.

Campagne	Bien équipé		Equipé		Moins équipé		Ensemble	
	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty
2008/09	4,37	3,22	2,24	1,74	1,41	0,82	2,94	2,62
2010/11	4,30	3,53	2,38	1,42	1,47	1,06	3,00	2,66
2011/12	5,26	4,01	2,81	1,9	1,65	1,14	3,61	3,24
2008/09-2011/12*	20%	-	25%	-	17%	-	23%**	-
2010/11- 2011/12*	22%**	-	18%**	-	12%**	-	22%**	-

Moy = moyenne ; Ec-ty = écart type ; *taux d'accroissement ; **Différence Significative à 0,05

Tableau III. Motivations des producteurs à accroître les superficies coton en 2011/2012 par type d'exploitation en pourcentage

« Pourquoi augmentez-vous les superficies coton en 2011/12 ? »	Types		
	Bien équipé	Equipé	Moins équipé
Remboursement des dettes internes et augmentation du prix du coton graine	81%	9%	7%
Engrais partiellement subventionnés et augmentation du prix du coton graine	17%	86%	90%
Engrais partiellement subventionnés et remboursement des dettes internes	2%	5%	3%

Nous constatons que chez les exploitations du type bien équipé, l'extension est surtout motivée par le remboursement des dettes internes et l'augmentation du prix du coton graine avec 81% des producteurs de ce groupe. Cela s'explique par le fait que ces exploitations ont toujours eu un revenu positif malgré l'augmentation du prix des engrais à cause de leur rendement relativement bon. Cependant, elles étaient démotivées par suite des mauvaises campagnes où une partie des recettes de la vente du coton graine servait à payer les dettes de la coopérative (caution solidaire) à cause des « mauvais producteurs » n'ayant pas pu rembourser leur crédit intrants.

Les exploitations du type moins équipé (avec 90% des producteurs du groupe) et du type équipé (avec 86% des producteurs du groupe) évoquent le prix des engrais et celui du coton graine comme raisons principales de l'extension des superficies. Cela s'explique par le fait qu'une réduction du prix des engrais (subvention) couplée à l'augmentation du prix du coton graine permet à celle-ci d'avoir un revenu positif.

Si les superficies ont connu une évolution positive, les rendements, par contre, n'ont pas donné l'évolution attendue malgré la subvention sur les engrais.

Au niveau national, le rendement du coton graine a connu une évolution en dents de scie

(de 1031 kg/ha en 2008/09 à 915 kg/ha en 2009/10 contre 852 kg/ha en 2010/11 et 932 kg/ha en 2011/12 (CMDT, 2012)).

Le Tableau IV indique l'évolution des rendements (kg/ha) de coton graine par type d'exploitation enquêté en 2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012.

Nous constatons que, contrairement aux autres types d'exploitations, le type moins équipé a une évolution négative du rendement avec un taux de -3% entre 2010/2011 et 2011/2012 malgré la subvention des engrais et le prix du coton graine. En début de campagne 2011/2012, ce type, par faute d'équipements agricoles, n'a pas pu profiter des premières pluies pour semer à temps. Pour l'ensemble des exploitations, nous constatons une évolution positive avec un taux de 3% entre 2008/2009 et 2011/2012. Sur la même période, la différence de moyenne est statistiquement significative pour le type équipé et pour l'ensemble des exploitations.

La production a logiquement suivi la même tendance que pour la superficie, avec une évolution plus marquée chez les exploitations de type équipé de 2008/2009 à 2011/2012 et de 2010/11 à 2011/12 (Tableau V).

Malgré l'accroissement négatif des rendements observé entre 2010/2011 et 2011/2012 pour les exploitations du type moins équipé, nous constatons une augmentation de 9% de

Tableau IV. Évolution des rendements moyens (kg/ha) du coton graine par type d'exploitation enquêté en 2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012.

Campagne	Bien équipé		Équipé		Moins équipé		Ensemble	
	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty
2008/09	1048	335	950	299	783	328	957	364
2010/11	1053	535	878	299	824	328	936	416
2011/12	1092	368	973	285	802	351	987	339
2008/09-2011/12*	4%	-	2%**	-	2%	-	3%**	-
2010/11- 2011/12*	3%	-	11%	-	-3%	-	6%	-

Moy = moyenne ; Ec-ty = écart type ; *taux d'accroissement ; **Différence significative à 0,05

Tableau V. Évolution de la production moyenne (kg) du coton graine en 2008/2009, 2010/2011 et 2011/2012 par type d'exploitation

Campagne	Bien équipé		Équipé		Moins équipé		Ensemble	
	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty	Moy	Ec-ty
2008/09	4581	3876	2147	1393	1104	963	2889	2958
2010/11	4530	4322	2089	1302	1210	832	2824	2864
2011/12	5745	5177	2734	2105	1324	1405	3601	3951
2008/09 - 2011/12*	25%	-	27%**	-	20%	-	25%**	-
2010/11 - 2011/12*	27%**	-	31%**	-	9%	-	26%**	-

Moy = moyenne ; Ec-ty = écart type ; *taux d'accroissement ; **Différence significative à 0,05

la production moyenne chez ce type pendant la même période. La différence de moyenne entre 2010/2012 et 2011/2012 est statistiquement significative pour les types bien équipé et équipé et pour l'ensemble des exploitations comme entre 2008/2009 et 2011/2012.

De façon générale, nous pouvons conclure que l'augmentation de la production observée est surtout liée à celle des superficies.

3.2. Accroissement du revenu

Dans le contexte-ci, il faudrait comprendre par revenu, la marge nette car la marge calculée prend en compte toutes les charges (charges opérationnelles et financières).

Faute de données nécessaires aux calculs des revenus pour la campagne 2010/2011, les estimations s'effectuent sur la base d'un prix du coton graine fixé à 200 F CFA/kg pour 2008/2009 et 255 F CFA/kg pour 2011/2012.

Le coût de production par hectare étant lié en grande partie aux intrants (40% du coût de production en 2008/2009), une subvention de 50% sur les engrais avec un prix de 255 F CFA/kg vont contribuer à améliorer le revenu coton des producteurs en 2011/2012 (Tableau VI).

Nous constatons qu'en 2011/2012, tous les types d'exploitations ont eu une marge nette avec valorisation de la MOF positive. Par contre, en 2008/2009, seul le type bien équipé avait enregistré un résultat positif.

Le coût moyen de production par exploitation avec valorisation de la MOF en 2008/2009 est inférieur à celui de 2011/2012 malgré le coût des engrais relativement bas pour cette dernière campagne. Par contre, le coût de production à l'hectare avec valorisation de la MOF en 2008/2009 est supérieur à celui de 2011/2012 de façon générale. Cela s'explique par l'augmentation des superficies en 2011/2012 chez tous les types d'exploitations.

En 2011/2012, la part des intrants dans le coût de production a diminué pour tous les types d'exploitations (1 % pour les types bien équipé et équipé et 2 % pour le type moins équipé) mais cette diminution ne reflète pas celle du prix des engrais (18 450 F CFA/sac en 2008/2009 contre 13 415 F CFA/sac en 2011/2012, soit 27%). Après vérification dans le cahier (cahier de situations des producteurs) des secrétaires généraux des CPC, ce phénomène s'explique surtout par la hausse du prix des insecticides et par l'augmentation de leur dose par hectare en 2011/2012 par rapport à 2008/09 pour l'ensemble des exploitations (3,45 litre/ha en 2011/2012 contre 2,5 litre/ha en 2008/2009 en moyenne).

En considérant les parts de la MOF, des intrants, et de l'amortissement des équipements dans le coût de production, nous pouvons conclure que la main-d'œuvre dans les exploitations agricoles est essentiellement familiale.

Le type bien équipé a toujours la meilleure marge nette par exploitation sans valorisation

Tableau VI. Marge nette par hectare avec valorisation de la MOF (F CFA/ha) en 2008/09 et 2011/12 par type d'exploitation

Rubrique	Bien équipé		Equipé		Moins équipé		Ensemble	
	2008/09	2011/12	2008/09	2011/12	2008/09	2011/12	2008/09	2011/12
Production brute (F CFA)	916 200	1 464 975	429 400	697 425	220 800	337 620	577 763	925 688
Coût de production par expl ⁺ avec valorisation de la MOF** (F CFA)	816 284	877 020	518 218	592 885	230 699	267 366	579 739	642 125
Coût de production par expl sans valorisation de la MOF (F CFA)	505 896	503 301	325 784	352 027	145 247	167 295	361 729	376 147
Coût de production par ha avec valorisation de la MOF (F CFA/ha)	186 793	166 734	231 347	210 991	163 616	162 040	201 851	185 051
Part de la MOF dans le coût de production par ha (%)	38	42	36	41	37	37	37	41
Part des intrants dans le coût de production par ha (%)	45	44	37	36	42	40	40	39
Part des amortissements dans le coût de production par ha (%)	13	12	21	20	15	20	18	17
Autres coûts (%)	4	2	6	3	6	3	5	3
Marge nette par expl avec valorisation de la MOF (F CFA)	99 916	587 955	-88 828	104 540	-9 899	70 254	-2 006	283 563
Marge nette par expl sans valorisation de la MOF (F CFA)	410 304	961 674*	103 616	345 398*	75 553	170 325*	216 035	549 541*
Marge nette par hectare avec valorisation de la MOF (F CFA/ha)	22 864	111 779*	-39 656	37 203*	-7 020	42 578*	-9 707	66 776*
Marge nette par hectare sans valorisation de la MOF (F CFA/ha)	93 891	182 829*	46 257	122 918*	53 584	103 227*	65 860	142 274*

+ = Exploitation, **Main-d'œuvre familiale ; *Différence de moyenne significative à 0,05

de la MOF, il est suivi par le type équipé. Mais, en considérant la marge nette par hectare avec valorisation de la MOF, nous constatons que le type moins équipé vient en deuxième position. Cela s'explique par le fait que les exploitations de ce type passent moins de temps sur le coton (moins de MOF) que celles du type équipé.

Ainsi, par rapport à 2008/2009, la marge nette par hectare, avec valorisation de la MOF du type bien équipé, a été multipliée par 4,89 en 2011/2012 contre 2,94 pour le type équipé et 6 pour le type moins équipé. Cet écart au niveau des résultats (marge nette) entre les deux campagnes s'explique en grande partie par l'augmentation du prix du coton graine qui était de 200 F CFA en 2008/2009 contre 255 F CFA en 2011/2012 et, dans une moindre mesure : par l'amélioration des rendements moyens des exploitations.

Les moins équipés ont bien profité de la subvention partielle des engrais et de l'augmentation du prix du coton graine pour améliorer leurs résultats.

En 2008/2009, les deux derniers types (équipé et moins équipé) auraient atteint une marge nette par exploitation avec valorisation de MOF positive, si le prix du coton graine de 200 F CFA/kg s'était établi à un montant supérieur ou égal à 242 F CFA/kg pour le type équipé et à 210 F CFA/kg pour le type moins équipé car les exploitations du type équipé utilisent plus de main-d'œuvre familiale que celles du type moins équipé. La différence de moyenne constatée au niveau de la marge nette par hectare avec valorisation de la MOF entre 2008/2009 et 2011/2012 est statistiquement significative pour l'ensemble des exploitations.

Grâce à la subvention des engrais et à l'augmentation du prix du coton graine, 98% des exploitations enquêtées ont pu rembourser leur crédit intrants de la campagne 2011/2012 contre 84% pour celle de 2008/2009.



IV. Discussion

Nos résultats ont montré globalement une évolution positive des superficies et productions du coton graine de 2008/2009 à 2011/2012. Cela confirme les statistiques de la CMDT (CMDT, 2012), au niveau national, qui ont montré également une évolution positive des superficies et des productions pour les mêmes périodes.

Contrairement aux statistiques, au niveau national, de la CMDT (CMDT, 2012) qui traduisaient une diminution de 10% des rendements entre 2008/2009 et 2011/2012, nous avons constaté une légère hausse des rendements (3%) pour l'ensemble des exploitations. Cette divergence s'explique par le choix de nos échantillons lors des enquêtes. Or cet échantillon n'est pas représentatif de l'ensemble de la zone CMDT. Le problème du rendement du coton graine est très complexe, il dépend non seulement des facteurs climatiques, mais aussi de la fertilité des sols (apports en engrais minéraux et organiques), des variétés végétales utilisées, du respect des itinéraires techniques, etc., dans les zones, selon les campagnes.

Notre résultat relatif à l'utilisation de la main-d'œuvre familiale sur les parcelles de coton confirme celui de la Banque Mondiale (BM, 2008) qui a estimé que la main-d'œuvre est essentiellement familiale au Mali et au Burkina Faso.

Le taux de remboursement des crédits intrants du Groupement d'Intérêt Économique (GIE) (coton et céréale) pour la campagne 2011/2012 confirme les statistiques de la CMDT (CMDT, 2012) qui donnent un taux de remboursement de 99% pour l'ensemble de la CMDT.

L'évolution du niveau de revenu observé confirme celui de LEONIDAS (LEONIDAS *et al.*, 2011) qui a estimé une baisse du revenu des producteurs du coton graine entre 2004/2005 et 2008/2009 dans plusieurs bassins cotonniers de l'Afrique de l'Ouest et prévoyait une amélioration du revenu entre 2009/2010 et 2012/2013 à cause du prix du coton payé au producteur et de la subvention des engrais dans ces pays producteurs de coton.

V. Conclusion

Quelques enseignements émergent de cette étude.

D'abord, il faut constater une amélioration des marges nettes pour tous les types d'exploitations. Cette augmentation est liée d'une part, à la subvention des engrais qui a permis de réduire le coût de production et d'autre part, à l'augmentation du prix du coton graine rendu favorable par le marché mondial de la fibre du coton.

Ensuite, les facteurs incitatifs ont motivé l'extension des superficies coton qui est à la base de l'augmentation de la production. L'un des effets attendus de la subvention sur les engrais était le rehaussement du niveau du rendement. Mais, force est de constater que depuis 2009/2010, le rendement du coton graine n'a pas donné le niveau d'amélioration attendu.

Enfin, les facteurs incitatifs, favorisés par le marché mondial de la fibre, ne sont pas durables. Pour maintenir le niveau d'incitation chez les producteurs, une des solutions est d'instaurer une stratégie pour rehausser le niveau de rendement du coton graine. À long terme, cela passe par la restauration des sols. À moyen terme, il faut également envisager des améliorations telles que l'introduction de nouvelles variétés de coton et des dosages d'engrais adaptés à chaque zone CMDT.

VI. Bibliographie

- BANQUE MONDIALE (2008). Organisation et performance des filières cotonnières africaines : leçons des réformes. Rapport d'étude, Washington, DC, 212p.
- CMDT (2012). Synthèse de réunion : activités commerciales 2011/2012 et 2012/2013. Rapport Direction commerciale Holding CMDT Bamako Mali, 8p.
- CMDT (2012). Synthèse de réunion : bilan de la campagne 2011/2012 et plan prévisionnel campagne 2012/2013. Rapport Conseiller technique Industriel Holding CMDT Bamako, 53p.
- CMDT (2005). Evolution de la culture cotonnière au Mali de 1996 à nos jours. Rapport de synthèse CMDT, Bamako, Mali, 55p.
- CPS/SDR (2011). Recueil statistique du développement rural. Bamako, Mali.
- DJOUARA H., BELIERES JF, KEBE D. (2006). Family farms in Southern Mali and the decrease in cottonseed prices. *Cahiers agricultures*. 15 (1), 64-71.
- IER (1998). Impact de la dévaluation du F CFA sur la productivité, la rentabilité et les performances de la filière coton (cas du Mali). Bamako Juillet 1998. 70 p.
- INSTAT (2010). Annuaire statistique du Mali. Institut National des Statistiques Bamako, Mali.
- INSTAT (2009). Annuaire statistique du Mali. Institut National des Statistiques Bamako, Mali.
- LEONIDAS H., ZOUNDI JS. (2011). Un Etat des lieux des filières en Afrique de l'Ouest et du Centre, par les acteurs, *Glocal N°4, 2ACD, mars/avril 2011* ; 43-45, 68p.

Efficiencia energética de sistemas mixtos agricultura-élevage en zona periurbana de Sikasso, Mali Sud

Energy efficiency use of crop-livestock mixed systems from Sikasso area, South Mali (Mali Sud)

Vigne M.¹, Ba A.², Coulibaly D.², Dembélé B.²

¹INRA - UMR PEGASE, Domaine de la Prise, 35590 St Gilles, France

²IER - Programme Bovins, CRRA de Sikasso, BP16 Sikasso, Mali

E-mail : doubangolo@yahoo.fr

Résumé

Une analyse des consommations d'énergie fossile, brute et physique a été menée auprès de 14 exploitations pratiquant les systèmes mixtes agriculture - élevage en zone périurbaine de Sikasso (Mali). À l'échelle globale de l'exploitation, la consommation moyenne d'énergie fossile est de 5373 MJ.ha⁻¹ et l'efficacité énergétique s'élève à 17,7. Cette efficacité est variable (CV = 0,69) et elle résulte principalement de la taille des surfaces emblavées sur l'exploitation. À l'échelle des cultures, la consommation d'énergie fossile moyenne s'élève à 2840 MJ.ha⁻¹. L'efficacité énergétique moyenne s'élève, quant à elle, à 43,7 mais elle présente une variabilité importante (CV = 0,66) corrélée à la part de l'énergie animale dans l'énergie physique totale dépensée pour le travail sur les surfaces de cultures ($R^2 = 0,72$). Ceci confirme le rôle de la traction animale sur l'augmentation des rendements des cultures et la valorisation des intrants fossiles. À l'échelle du troupeau, la consommation d'énergie fossile moyenne est de 1080 MJ.UBT⁻¹ et l'efficacité énergétique s'élève à 1,4. La variabilité observée sur l'efficacité énergétique (CV = 0,56) est corrélée à la quantité de lait prélevée par vache en production ($R^2 = 0,90$). Une exploitation mixte traditionnelle prélevant plus de 600 l.VP⁻¹.an⁻¹ affiche jusqu'à une consommation d'énergie fossile inférieure à 3 MJ.l⁻¹. Une intensification des systèmes d'élevage traditionnels est donc possible tout en maintenant un impact environnemental en termes de consommation d'énergie fossile équivalent à celui des systèmes d'élevage spécialisés des pays industrialisés.

Mots clés : Energie fossile, environnement, système mixte agriculture - élevage

Abstract

An analysis of fossil energy consumption, gross and physical, was conducted on 14 crop-livestock mixed farms in the peri-urban area of Sikasso, Mali. Results showed at farm scale an average fossil energy consumption of 5,373 MJ.ha⁻¹ and an average energy efficiency of 17.7. This efficiency was variable (CV = 0.69) and strongly dependant on cropping area. At crop scale, average fossil energy consumption was 2,840 MJ.ha⁻¹. Average energy efficiency was 43.7, but showed a wide variability (CV = 0.66) positively correlated with the proportion of animal labour in total physical energy expended on crops ($R^2 = 0.72$). This confirms the major role of animal draft on yield and development of fossil inputs. At herd scale, average fossil energy consumption was 1,080 MJ.UBT⁻¹ and average energy efficiency 1.4. The energy efficiency variability observed (CV = 0.56) was correlated with the quantity of milk collected per productive cow ($R^2 = 0.90$). A mixed traditional farm collecting more than 600 liters per productive cow per year even consumed less than 3 MJ.l⁻¹. So, an intensification of traditional dairy systems is possible while keeping fossil energy consumption close to intensive specialized systems.

Key words: Fossil energy, environment, mixed crop-livestock system

I. Introduction

L'impact environnemental des activités d'élevage est devenu, au cours de cette dernière décennie, un sujet sociétal important. L'agriculture, et principalement l'élevage, tient un rôle central dans ces débats. Il est notamment accusé d'être un contributeur majeur au réchauffement global à travers les émissions de gaz à effet de serre (Steinfeld *et al.*, 2006). Face à une population mondiale croissante qui devra atteindre 9 milliards d'individus d'ici à 2050 (United Nations, 2007), les besoins en protéines animales devront doubler. Alors que dans les pays de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) les rendements des cultures sont déjà très élevés et les surfaces supplémentaires peu disponibles, les systèmes mixtes agriculture-élevage des pays en développement joueront un rôle central dans ce développement (Herrero *et al.*, 2010). Il apparaît donc nécessaire dès à présent de pouvoir fournir des méthodes d'analyse environnementale pertinentes et adaptées à ces systèmes agricoles.

D'abord utilisée comme méthode d'évaluation économique, l'analyse énergétique a, ensuite, très vite montré son utilité pour l'évaluation de l'impact environnemental des systèmes agricoles (Passet, 1979). La consommation d'énergie fossile intervient dans deux types d'impact environnemental, la déplétion des ressources naturelles et l'émission de gaz à effet de serre. Elle est couramment utilisée comme indicateur dans les analyses de type Analyse de Cycle de Vie (ACV).

L'analyse énergétique consiste à mesurer les consommations d'énergie fossile directement consommée sur l'exploitation et, indirectement, pour produire et transporter les intrants. Cependant, si la méthode a été aujourd'hui bien développée à travers le monde, aucune analyse énergétique sur les systèmes mixtes agriculture - élevage dans les pays en développement n'a encore été réalisée (Vigne *et al.*, soumis).

La présente étude propose donc une évaluation des consommations en énergie fossile dans les systèmes mixtes, en prenant le cas d'exploitation mixtes agriculture - élevage de la zone périurbaine de Sikasso (Mali). Afin de mieux cerner le fonctionnement interne du système et en considération de l'importance du travail physique dans ces systèmes, cette analyse a été complétée par la prise en compte des flux d'énergie brute et physique.

II. Matériel et méthodes

2.1. Exploitations étudiées

L'étude a concerné 14 exploitations situées en zone périurbaine de Sikasso (Sud du Mali). Ces exploitations sont, par ailleurs, celles d'une étude préalable menée par Coulibaly (2008). Elles présentent une diversité structurelle et des pratiques de production laitière. Cette diversité a d'ailleurs fait l'objet d'une classification basée principalement sur la stratégie de production laitière (SPL) exposée dans le Tableau I.

Tableau I. Stratégie de Production Laitière (SPL) et principales caractéristiques structurelles des exploitations (d'après Coulibaly, 2008)

Type de SPL	1	2	3	4	5
Nombre d'exploitations	6	3	3	1	1
Cheptel bovin (UBT)	35,7	33,1	35,5	29,9	9,8
Surfaces (ha)	16,1	7,3	2,7	11,0	5,5
Concentrés distribués (kg.VP ⁻¹ .an ⁻¹)	175	175	450	2000	2600
Prélèvement de lait (l.VP ⁻¹ .an ⁻¹)	71	109	153	623	813

La SPL1 se caractérise par un faible prélèvement de lait proche de 70 litres par vache en production par an ($1.VP^{-1}.an^{-1}$). Les chefs d'exploitation sont des agriculteurs pour lesquels l'élevage tient une fonction d'épargne et l'alimentation du bétail est principalement basée sur les pâturages du terroir. Bien que l'agriculture soit dominante, les exploitations de la SPL2 ont une trajectoire d'évolution vers un développement de l'activité laitière. Ils effectuent ainsi des prélèvements laitiers plus importants (100 à 250 $1.VP^{-1}.an^{-1}$) notamment grâce à une gestion raisonnée et à leur connaissance empirique d'exploitation du pâturage. Malgré des prélèvements identiques à la SPL 2, les chefs d'exploitation de la SPL3 sont des éleveurs qui ont recours à l'apport d'aliments concentrés pour palier le manque de surfaces de cultures et par conséquent de résidus disponibles pour le troupeau. La SPL4 est considérée comme un système de production spécialisé innovant. Les exploitants sont des éleveurs qui ont atteint un niveau de prélèvement de lait élevé ($600-800$ $1.VP^{-1}.an^{-1}$) notamment grâce à un apport accru d'aliments concentrés (Coulbaly, 2010). L'activité agricole est présente sur l'exploitation mais principalement destinée à la consommation familiale. La SPL5 est également un système de production spécialisé dont le prélèvement de lait atteint 800 $1.VP^{-1}.an^{-1}$. Il se différencie de la stratégie précédente par la stabulation du troupeau, par un apport de concentrés et de

fourrages à l'auge et par un prélèvement de lait proche des 800 $1.VP^{-1}.an^{-1}$.

Les données brutes nécessaires à l'étude concernent la période de juillet 2005 à août 2006. Elles sont issues principalement de l'étude de Coulbaly (2008). Les données manquantes ont été soit complétées par le biais d'enquêtes en exploitation (ex. intrants des surfaces, main-d'œuvre) soit estimées (ex : biomasse pâturée sur parcours naturels).

2.2. Une analyse pluri-énergétique

Une analyse énergétique fossile courante a été réalisée sur les 14 exploitations. L'analyse a concerné 49 intrants fossiles. Les coefficients énergétiques fossiles correspondants sont issus de nos propres calculs ou, alors, ils proviennent de la littérature lorsque les cycles de vie étaient difficiles à définir (Tableau II).

Cette analyse énergétique fossile a été complétée par celle des flux d'énergie brute entrant, interne et sortant et par celle des flux d'énergie physique permettant d'établir un schéma des flux énergétiques à l'échelle de l'exploitation (Figure 1).

L'énergie brute correspond à l'énergie calorifique contenue dans les différents produits animaux ou végétaux (Tableau III).

Tableau II. Valeur des coefficients énergétiques fossiles pour 7 intrants sur les 49 utilisés dans cette étude

Type de flux	Valeur (MJ.unité ⁻¹)	Unité	Références
Gasoil	42,36	L	[1]
Electricité	5,04	kWh	[1]
Complexe pour Céréales	149	kg	[1]
Semences de Coton	5,7	kg	[2]
Résidus de Céréales	0,088	kg	[1]
Tourteaux de Coton	0,966	kg	[2]
Frais d'élevage	0,0076	F CFA	[2]

[1] Propre calcul, [2] Risoud et Théobald (2002)

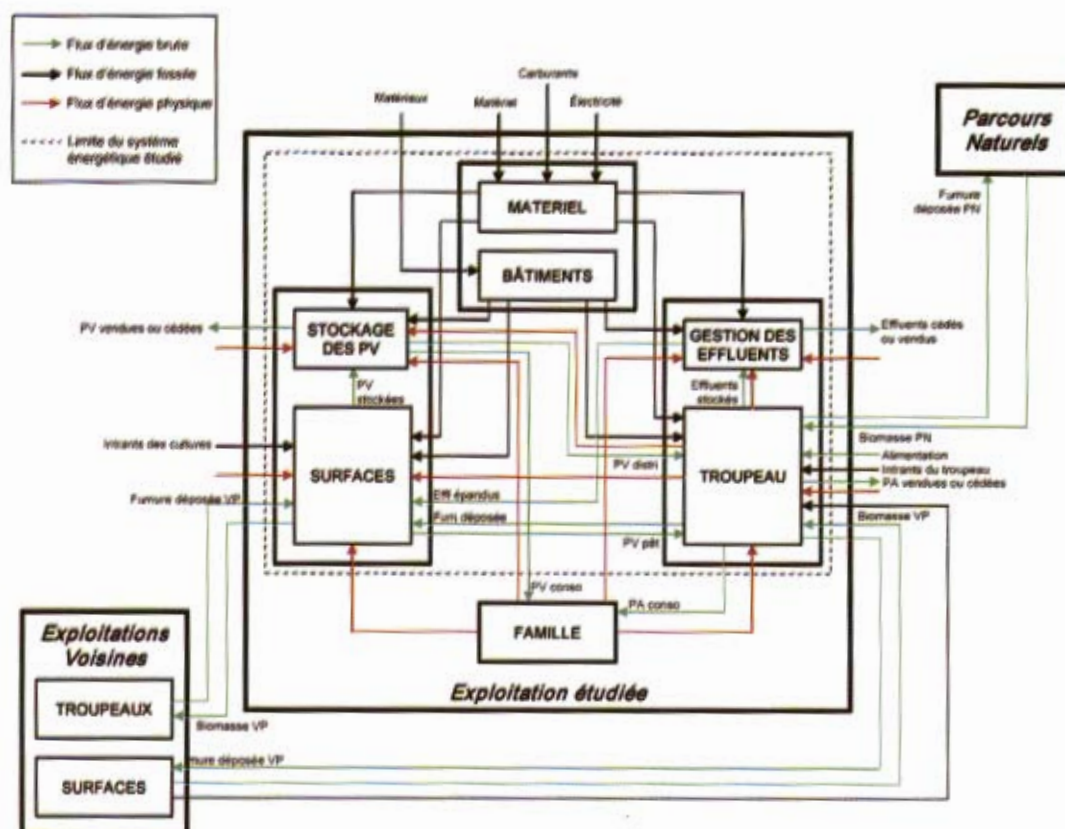


Figure 1. Schéma des flux d'énergie fossile, brute et physique considérés

Tableau III. Valeur en énergie brute pour 11 produits animaux et végétaux

Type de flux	Valeur (MJ.unité ⁻¹)	Unité	Références
Biomasse pâturée sur les Parcours Naturels	17,46	kgMS	[1]
Résidus de culture pâturés	13,80	kgMS	[2]
Résidus de culture de bas-fonds pâturés	14,35	kgMS	[2]
Maïs grain	16,14	kg brut	[3]
Patate douce	4,52	kg brut	[4]
Paille de maïs	13,93	kg brut	[3]
Paille de sorgho	18,36	kg brut	[5]
Fanes de niébé	18,02	kg brut	[5]
Coques de coton	14,66	kg brut	[6]
Bœufs de trait	9,19	kg poids vif	[7]
Bovin 0 - 1 an	6,11	kg poids vif	[7]

[1] Calculé à partir de Richard *et al.* (1990), [2] Calculé à partir de INRA (2007) et de données CIRAD, [3] INRA (2007), [4] FAO (1991), [5] Données récoltées auprès du CIRAD, [6] Données récoltées auprès de l'INERA, [7] Risoud et Théobald (2007)

La prise en compte de l'énergie brute permet, d'une part, d'effectuer une allocation énergétique des entrées d'énergie fossile entre les Surfaces de culture et le Troupeau et,

d'autre part, de calculer les consommations d'énergie fossile spécifiques selon les équations suivantes :

Equation [1] pour les Surfaces :

$$EF_{\text{Surfaces}} = EF_{\text{Intrants des surfaces}} + EF_{\text{Intrants du Troupeau}} \times (EB_{\text{Fumure déposée}} + EP_{\text{Travail Animal}} / EB_{\text{Fumure déposée}} + EP_{\text{Travail}} + EB_{\text{PA vendues ou cédées}} + EB_{\text{PA conso famille}} + EB_{\text{Effluents stockés}} + EB_{\text{Fumure déposée VP}} + EB_{\text{Fumure déposée PN}}) \times (1 + (EB_{\text{Effluents épanchés}} / EB_{\text{Effluents stockés}})) + EF_{\text{Effluents}} \times (EB_{\text{Effluents épanchés}} / EB_{\text{Effluents stockés}})$$

Equation [2] pour le Troupeau :

$$EF_{\text{Troupeau}} = EF_{\text{Intrants du troupeau}} + EF_{\text{Intrants des surfaces}} \times (EB_{\text{PV pâturées}} / EB_{\text{PV pâturées}} + EB_{\text{PV stockées}} + EB_{\text{Biomasse VP}} + EB_{\text{Fumure déposée VP}}) + (EB_{\text{PV distribuées}} / EB_{\text{PV stockées}}) \times (EF_{\text{Stockage des PV}} + (EB_{\text{PV stockées}} / EB_{\text{PV pâturées}} + EB_{\text{PV stockées}} + EB_{\text{Biomasse VP}} + EB_{\text{Fumure déposée VP}}) \times EF_{\text{Intrants des surfaces}})$$

L'énergie physique correspond à la dépense énergétique humaine et animale pour les différents travaux réalisés sur l'exploitation. Face à la diversité des valeurs trouvées dans la littérature, les coefficients énergétiques physiques humains ont été recalculés. Un degré de pénibilité considéré comme corrélé au niveau de dépense énergétique a d'abord été établi pour chacun des 33 travaux listés. Ces valeurs résultent d'enquêtes réalisées auprès de 4 chefs d'exploitation. L'enquête consistait à classer les travaux selon une échelle indiquant le degré de pénibilité du travail de 1 (facile) à 5 (difficile). Lorsque le même degré de pénibilité était annoncé

par au moins 3 des 4 chefs d'exploitation (11 travaux sur 33), la valeur affectée correspond à la valeur la plus prononcée. Dans les autres cas, nous avons considéré la moyenne des valeurs annoncées. Par la suite, le coefficient énergétique physique humain pour chaque travail a été calculé selon une valeur pondérée entre les valeurs minimales (0,703 MJ.h⁻¹ pour la conduite d'engins motorisés) et maximales (1,481 MJ.h⁻¹ pour le labour manuel) trouvées dans la littérature (Passmore and Durnin, 1955) correspondant à des degrés de pénibilité respectifs de 1 et 5. Le Tableau IV reprend quelques exemples de coefficients de dépense d'énergie physique humaine calculés.

Tableau IV. Exemple de degré de pénibilité retenue pour 12 travaux manuels sur 33 et coefficients de dépense énergétique calculés

Travaux	Valeur retenue	Dépense énergétique (MJ.h ⁻¹)	Unité
Apport d'herbicides	1,75	0,806	h
Apport de fumure organique	3	1,066	h
Buttage manuel	5	1,481	h
Conduite des animaux	1	0,650	h
Distribution des aliments	1,5	0,754	h
Epanchage du complexe	2	0,858	h
Implantation du riz	4,5	1,377	h
Labour manuel	5	1,481	h
Récolte des grains	2,5	0,962	h
Récolte des résidus Fanes	1,75	0,806	h
Traite	2,5	0,962	h
Transport à pied avec charge	4	0,858 ^a	km

Les coefficients énergétiques physiques s'élèvent à 75 % pour une femme et à 85 % pour un enfant de la valeur du coefficient pour un homme. Ces ratios ont été considérés à partir des besoins énergétiques journaliers moyens pour une femme et un enfant âgé de moins de 14 ans (FAO and OMS, 1973).

Les coefficients énergétiques physiques pour les animaux sont issus de la littérature ou calculés selon le même ratio énergie dépensé pour les valeurs humaines. Pour exemple, comme pour l'énergie physique humaine, le coefficient énergétique animal pour le buttage s'élève à 83% de celui du labour (Tableau V).

Des indicateurs de consommation et d'efficacité ont été calculés à l'échelle globale de l'exploitation et à l'échelle des Surfaces de culture et du Troupeau. Les consommations d'énergie sont exprimées en MJ.ha⁻¹ à l'échelle de l'exploitation et des Surfaces ou en MJ.UBT⁻¹ à l'échelle du Troupeau. Les indicateurs d'efficacité calculés sont la consommation d'énergie fossile par litre de lait prélevé exprimée en MJ.l⁻¹ et l'efficacité énergétique calculée selon l'équation suivante :

$$\text{Efficacité Énergétique} = \frac{\text{Énergie brute produite (en MJ)}}{\text{Énergie fossile consommée (en MJ)}}$$

III. Résultats et discussion

3.1. Résultats moyens et variabilité

Le Tableau VI montre les résultats de l'analyse énergétique fossile à l'échelle globale de l'exploitation ainsi qu'à l'échelle du Troupeau et des Surfaces.

À l'échelle globale, la consommation d'énergie fossile s'élève en moyenne à 5373 MJ.ha⁻¹ et l'efficacité énergétique est de 17,7. Mais ces chiffres cachent une variabilité importante. La variabilité d'efficacité est surtout le fait de la place de l'activité agricole dans l'exploitation. En effet, l'atelier des Surfaces de cultures présente une efficacité énergétique moyenne de 43,7 largement supérieure à celle de l'atelier du troupeau puisque celle-ci s'élève seulement à 1,4. Les exploitations ayant les surfaces les plus élevées (SPL1 et SPL4) ont donc généralement une efficacité énergétique globale plus élevée (Tableau VI).

Si la consommation d'énergie fossile à l'échelle des Surfaces de cultures est faible (2840 MJ.ha⁻¹), l'efficacité énergétique moyenne est supérieure aux références concernant des systèmes de culture intensifs (Kuesters and Lammel, 1999 ; Rathke *et al.*, 2007) ou manuels (Singh *et al.*, 2002 ; Canakci *et al.*, 2005). Cependant, les différentes efficacités énergétiques obtenues sont variables (CV = 0,66) et s'étendent de 13,4 à 106,7. Cette variabilité apparaît fortement corrélée à l'exploitation de la force animale (Figure 2).

Tableau V. Coefficient de dépense énergétique animale

Type de travaux	Unité	Valeur (MJ, unité ⁻¹)		Références
		Bovins	Ânes	
Transport	km	0,416 ^a	0,208 ^a	Lawrence and Stibbards (1990)
Labour	h	3,000	-	Fall <i>et al.</i> (1997)
Buttage	h	2,490	-	Recalculé
Sarclage	h	3,180	-	Recalculé
Semis	h	2,820	-	Recalculé

^a Recalculé selon une charge moyenne estimée de 160 kg pour les bovins et de 80 kg pour les ânes

Tableau VI. Moyennes des indicateurs énergétiques pour les 14 exploitations et par SPL

Indicateurs	Total ^a	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5
<i>Globale</i>						
Efficience énergétique	17,7 (0,99)	22,8	15,5	5,4	45,6	12,2
Consommation d'énergie fossile ^a (MJ.ha ⁻¹)	5373 (1,43)	6780	3608	3541	2133	3181
<i>Troupeau</i>						
Efficience Energétique	1,4 (0,56)	0,7	1,4	1,7	3,1	1,1
Consommation d'énergie fossile (MJ.UBT ⁻¹)	1081 (0,47)	509	492	433	383	1261
<i>Surfaces</i>						
Efficience Energétique	43,7 (0,66)	32,5	45,9	27,5	106,7	36,4
Consommation d'énergie fossile ^a (MJ.ha ⁻¹)	2840 (0,64)	3340	3274	1044	849	1479

^a Moyenne sur l'ensemble des exploitations (*Coefficient de Variation*)

^b Moyenne pour 13 exploitations (1 exploitation n'ayant pas de surface)

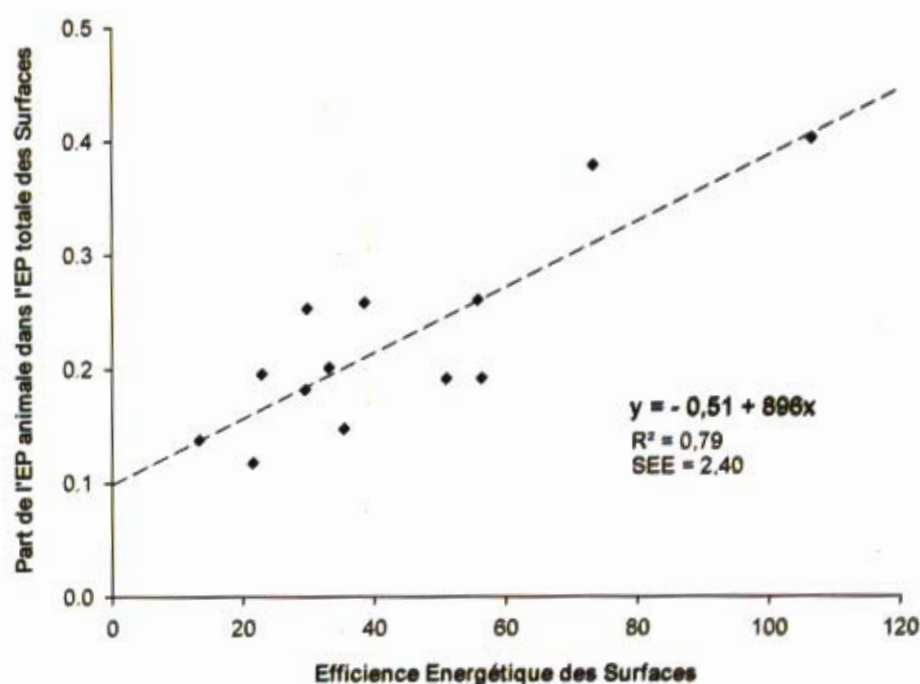


Figure 2. Relation entre la part d'énergie physique d'origine animale mobilisée sur les surfaces et l'efficience énergétique des surfaces

On remarque en effet, que plus la part d'énergie animale est faible dans l'énergie totale mobilisée, plus l'efficience énergétique des Surfaces est élevée. Ceci démontre l'effet positif de la traction animale sur la valorisation des intrants fossiles utilisés sur les cultures. Cette relation positive avait déjà été mise en lumière sur les rendements à travers la force mécanique et les apports de matière organique (Schiere *et al.*, 2002 ; Lynam *et al.*, 2010).

Si la consommation moyenne d'énergie fossile pour le troupeau est faible, l'efficience énergétique moyenne est légèrement plus élevée que les résultats observés pour les systèmes d'élevage intensifs dont l'efficience se situe généralement entre 0,5 et 1 (Benoit and Laignel, 2010 ; Veysset *et al.*, 2010). Cependant, les efficacités énergétiques du troupeau obtenues pour les 14 exploitations présentent également une variabilité élevée

(CV = 0,56). Pour le Troupeau, l'amélioration de l'efficacité semble due principalement à deux facteurs : la technicité du chef d'exploitation et l'intensification laitière du troupeau. Tout d'abord, les exploitations des SPL 3 et 4, menées par des chefs de famille d'origine ethnique Peul traditionnellement tournée vers l'élevage, ont des efficacités sur l'atelier d'élevage plutôt élevées (Tableau VI). De plus, on observe sur la Figure 3 une forte corrélation entre la consommation d'énergie fossile du troupeau par litre de lait prélevé et la quantité de lait prélevée par vache en production par l'éleveur ($R^2 = 0,90$).

Le choix d'intensification du troupeau illustré par les quantités de lait prélevé semble donc judicieux sur le plan environnemental en considérant l'efficacité d'utilisation des consommations d'énergie fossile.

3.2. Des systèmes laitiers traditionnels productifs et efficaces

Le cas individuel de l'exploitation de la SPL4 démontre que les systèmes en stabulation comme la SPL5 ne sont pas la seule voie d'intensification envisageable (Coulibaly, 2010). Sur cette exploitation, des pratiques originales telles que l'amélioration de la génétique, de l'alimentation et des soins sanitaires ont été mises en place. Elles ont permis un niveau de prélèvement élevé ($623 \text{ l.VP}^{-1}.\text{an}^{-1}$) tout en maintenant un système traditionnel basé pour partie sur le pâturage de parcours naturels et de résidus de culture. La consommation d'énergie fossile qui en résulte est inférieure à 3 MJ.l^{-1} , ce qui situe l'exploitation dans la partie inférieure des références trouvées dans la littérature pour des systèmes laitiers spécialisés à travers le monde (Tableau VII). Ceci démontre que les systèmes traditionnels mixtes intégrant agriculture et élevage ont potentiellement la capacité d'intensifier leur production tout en maintenant des niveaux d'impacts environnementaux basés sur la consommation d'énergie fossile faibles.

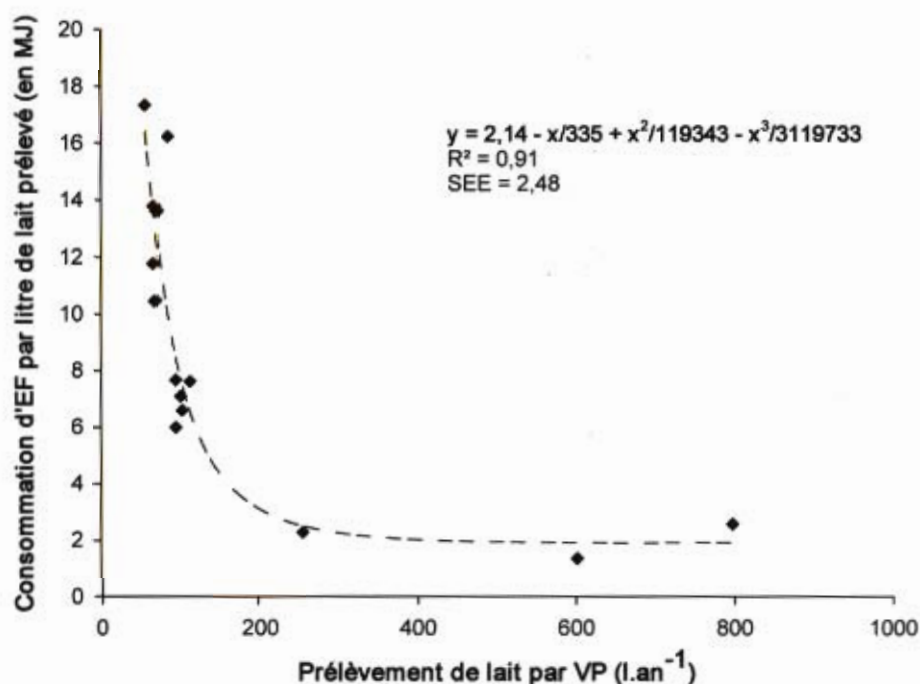


Figure 3. Consommation d'énergie fossile du troupeau en fonction du niveau de prélèvement de lait par VP par an selon le type de stratégie laitière

Tableau VII. Comparaison des consommations en énergie fossile trouvées dans la littérature pour des systèmes laitiers conventionnels

Pays	Dépense énergétique (MJ.kg ⁻¹)	Références
Allemagne (extensif)	1,3	Haas <i>et al.</i> (2001)
Nouvelle-Zélande	1,5	Basset-Mens <i>et al.</i> (2005)
Royaume-Uni	2,6 ^a	Azeez and Hewlett (2008)
Allemagne (intensif)	2,7	Haas <i>et al.</i> (2001)
France (Bretagne)	2,8 ^{a,h,d}	Van der Werf <i>et al.</i> (2009)
Suède	3,5 ^{a,b,c}	Cederberg and Mattsson (2000)
Belgique	4,4 ^a	Rabier <i>et al.</i> (2010)
Pays-Bas	4,7	Bos <i>et al.</i> (2007)
Finlande	6,6 ^a	Grönroos <i>et al.</i> (2006)
France (Ile de la Réunion)	7,4 ^a	Vigne <i>et al.</i> (2009)

^a Recalculé à partir d'une densité du lait de 1,03 kg.l⁻¹
^b Recalculé à partir de la formule pour le lait corrigé pour l'énergie donnée par Sjaunja *et al.* (1990)

^c Recalculé à partir d'une composition moyenne du lait de 4,34% de matière grasse et 3,37 % de protéines pour les exploitations suédoises (Lindmark-Mansson *et al.*, 2003)

^d Recalculé à partir d'une composition moyenne du lait de 4,30% de matière grasse et 3,39 % de protéines pour les exploitations bretonnes (Van der Werf *et al.*, 2009)

De plus, cette intensification pourrait potentiellement satisfaire la majeure partie des besoins locaux à partir des produits locaux. Si l'on considère une demande en produit laitier proche de 60 kg.hab⁻¹.an⁻¹ (Poccard *et al.*, 2005) et une population d'environ 725 000 habitants dans le cercle de Sikasso (Institut National de la Statistique, 2011), la demande locale peut-être estimée à près de 43.5 millions de kg de lait. Ceci représenterait donc un cheptel de 72 500 vaches en production à 800 l.VP⁻¹.an⁻¹ (Coulibaly, 2010). Or, dans une zone qui compterait plus de 330 000 bovins (Commissariat à la sécurité alimentaire, 2007), la couverture des besoins en lait de la zone à partir de produit local semble envisageable. Mais cela implique une amélioration de la technicité des éleveurs et une amélioration structurelle des filières laitières. De plus, on remarque que l'amélioration de l'efficience sur les produits animaux entraîne dans le cas de la SPL3 une baisse de l'efficience des productions végétales. Il apparaît évident

que l'augmentation des produits animaux ne doit pas se faire au détriment d'une baisse de l'efficience environnementale de la production de ressources alimentaires d'origine végétale, ressources encore majoritaires dans ces zones (Paillard *et al.*, 2010).

3.3. Adaptation méthodologique de l'analyse énergétique

L'application de l'analyse énergétique au cas des systèmes mixtes agriculture-élevage de la région de Sikasso a nécessité des mises en place méthodologiques nombreuses. Le calcul de coefficient énergétique fossile pour le travail physique humain, animal et pour les résidus de culture ou la prise en compte des dépenses énergétiques physiques sont des exemples. Cette adaptation a également nécessité des choix concernant la comptabilisation des effluents comme produit énergétique de l'exploitation ou des parcours naturels dans les surfaces de l'exploitation.

La prise en compte des effluents comme production énergétique du système soulève la question du rôle général des troupeaux dans ces zones. Il est couramment admis dans les systèmes intensifs que le rôle premier d'un élevage est de produire des calories alimentaires à destination de la consommation humaine argumentant ainsi pour la non-comptabilisation des effluents d'élevage en sortie. Or, un rôle récurrent des systèmes d'élevage des zones du Sud, au-delà de la capitalisation économique, est la production de fertilisant à moindre coût à travers la fumure organique (Bosma *et al.*, 1993). Ce questionnement est primordial dans le cadre méthodologique de l'analyse énergétique appliquée à de tels systèmes car il implique des différences dans le calcul de l'efficacité énergétique. En effet, la comptabilisation des effluents en sortie du système globale aboutit à une efficacité énergétique moyenne de 27,1 soit une variation de +53% à comparer à l'efficacité énergétique calculée initialement. À l'échelle du troupeau, l'efficacité énergétique moyenne estimée s'élèverait à 36,3 et serait plus de 200 fois supérieure à l'efficacité énergétique précédemment calculée. Ceci est expliqué par le profil de production d'énergie brute du troupeau qui est représenté en moyenne à plus de 97% par les effluents. Ceci illustre le rôle du troupeau dans la valorisation de la biomasse végétale des exploitations et des parcours naturels et la restauration de la fertilité des sols dans des systèmes de production majoritairement à cultures continues sans jachères.

L'inclusion des parcours naturels dans l'exploitation est d'autant plus importante que la question des limites du système étudié est centrale pour un système agricole (Dixon *et al.*, 2001). Dans le cas d'élevage intensif, les surfaces sont limitées aux cultures fourragères de l'exploitation. Or dans les systèmes extensifs, les parcours collectifs jouent un rôle important dans la fourniture alimentaire des troupeaux (Coulbaly, 2008 ; Coulbaly *et al.*, 2009 ; Coulbaly, 2010). C'est le cas pour les exploitations étudiées dont les consommations d'énergie alimentaire du troupeau sont issues en moyenne pour 58% du pâturage de parcours

naturels, cette valeur atteignant 75% pour les troupeaux les plus dépendants des parcours naturels. Or, la prise en compte des surfaces des parcours naturels dans les surfaces de l'exploitation a une incidence sur les indicateurs produits. Cette incidence est directe dans le cas des consommations d'énergie fossile par hectare. Ainsi, en estimant le prélèvement par le troupeau à partir d'un rendement en biomasse dans la zone de 1890 kgMS.ha⁻¹ (Coulbaly *et al.*, 2009), les résultats obtenus présentent une baisse moyenne de 67% de la consommation d'énergie fossile globale par hectare. L'incidence peut également être indirecte sur l'efficacité globale à travers la comptabilisation des flux d'effluents déposés sur les parcours naturels comme flux interne. Ainsi, en utilisant le même calcul que précédemment, on observe une baisse de 47% de l'efficacité énergétique globale.

Dans notre étude, nous avons choisi de ne pas comptabiliser les effluents dans le but de mieux comparer les efficacités énergétiques avec celles des troupeaux des systèmes intensifs. L'exclusion des parcours naturels dans la surface totale de l'exploitation a été principalement motivée par la difficulté pour quantifier de manière précise ces surfaces. Dans les futures études concernant ce type de système, les choix faits pourraient être différents de ceux proposés ici et devront dans tous les cas être fortement corrélés à l'objectif de l'étude et précisés afin de permettre une comparaison juste des différents territoires et/ou systèmes.

IV. Conclusion

Cette étude présente des travaux originaux et offre une première référence sur l'impact environnemental des systèmes mixtes agriculture – élevage du Sud à travers la consommation d'énergie fossile. À l'échelle globale du système de production, les consommations d'énergie fossile s'élèvent à 5 373 MJ.ha⁻¹ mais elles présentent une variabilité importante selon les exploitations (CV = 1,43). La méthodologie mise en place fournit, grâce à une allocation énergétique basée sur l'énergie brute, des résultats plus

précis à l'échelle des ateliers cultures et troupeau. Les consommations d'énergie fossile et l'efficacité énergétique s'élèvent à 2 840 MJ.ha⁻¹ et 43,7 pour les Surfaces et 1 081 MJ.UBT⁻¹ et 1,4 pour le troupeau. Ces résultats témoignent d'un impact faible des activités agricoles de ces systèmes en comparaison des systèmes intensifs spécialisés précédemment étudiés. Cependant, ces moyennes cachent une importante variabilité selon les exploitations notamment concernant les efficacités énergétiques (CV de 0,66 pour les Surfaces et 0,56 le troupeau). À l'échelle des Surfaces, la variabilité observée pour l'efficacité énergétique résulte principalement dans l'utilisation de la traction animale. Les exploitations ayant le plus recours à la traction animale pour les travaux culturels sont les plus efficaces. À l'échelle du troupeau, l'efficacité énergétique est corrélée positivement à la quantité de lait prélevée par vache en production démontrant d'une capacité de ces systèmes à intensifier leur production tout en préservant leur impact environnemental. Un système traditionnel prélevant plus de 600 l.VP⁻¹.an⁻¹ affiche même des consommations d'énergie fossile inférieures à 3 MJ.l⁻¹ de lait prélevé proches des résultats obtenus pour des systèmes intensifs spécialisés. Ceci démontre que les systèmes traditionnels mixtes intégrant agriculture et élevage ont potentiellement la capacité d'intensifier leur production tout en maintenant des niveaux d'impacts environnementaux basés sur la consommation d'énergie fossile faible. De plus, les niveaux de production atteints par certaines des exploitations enquêtées (600 à 800 l.VP⁻¹.an⁻¹) sont potentiellement suffisants pour couvrir la demande grandissante en produit laitier de la zone. Cependant, compte tenu du peu d'exploitations étudiées, il est encore difficile de conclure sur la capacité technique et économique de l'ensemble de ces exploitations à atteindre de tel niveau de production. De plus, cette étude ne concerne que les consommations d'énergie fossile. Il serait donc intéressant d'augmenter le panel d'indicateurs d'impact environnemental en s'intéressant notamment aux émissions de gaz à effet de serre ou encore à l'utilisation de surfaces.

VI. Références

- AZEEZ G.S.E., HEWLETT H.K.L., 2008 – The Comparative Energy Efficiency of Organic Farming. In Proceedings of 2nd Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research. Modena, Italy. 562-565.
- BASSET-MENS C., LEDGARD S., CARRAN A., 2005 – First life cycle assessment of milk production from New Zealand dairy farm systems. 8 p. <http://www.anzsee.org/anzsee2005papers/Basset-Mens_LCA_NZ_milk_production.pdf>
- BENOIT M., LAIGNEL G., 2010 – Energy consumption in mixed crop-sheep farming systems: what factors of variation and how to decrease? *Animal* 4 (9) : 1597-1605.
- BOS J.F.P., DE HAAN J.J., SUKEL W., SCHILS R.L.M., 2007 – Comparing energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands In Proceedings of the 3rd international congress of the European integrated project quality low input food (QLIF). Stuttgart, Germany, pp 439-442.
- BOSMA R., BENGALY M., DEFOER T., 1993 – Pour un système durable de production : plus de bétail. Rôle des ruminants au Mali-Sud, dans le maintien du taux de matière organique des sols. In Séminaire Elevage et cycle viable des éléments nutritifs dans les systèmes mixtes agriculture-élevage de l'Afrique subsaharienne, Addis Abeba, Éthiopie. 14 p.
- CANAKCI M., TOPAKCI M., AKINCI I., OZMERZI A., 2005 – Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. *Energy Convers. Manag.* 46: 655-666.
- CEDERBERG C., MATTSSON B., 2000 – Life cycle assessment of milk production – a comparison of conventional and organic farming. *J Clean. Prod.* 8: 49-60.
- COMMISSARIAT À LA SECURITE ALIMENTAIRE (CSA), 2007 – Synthèse des plans communaux de sécurité alimentaire du Cercle de Sikasso. République du Mali. 21 p.
- COULIBALY D., 2008 – Changements socio-techniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone péri-urbaine de Sikasso, Mali. Doctorat Zootechnie des systèmes d'élevages, CIRAD,

- AgroParistech 2008AGPT0050 p.399. <http://pastel.paristech.org/5012/>
- COULIBALY D., 2010 – Changements socio-techniques dans les systèmes de production laitière : Diversité des trajectoires d'évolution et des performances technico-économiques des élevages bovins laitiers en zone péri-urbaine de Sikasso (Mali). Editions universitaires européennes (26-11-2010), ISBN-13 : 978-613-1-54736-2, ISBN-10 : 613154736X, EAN : 9786131547362. P. 372. Site Web : Editions universitaires européennes
- COULIBALY D., POCCARD-CHAPUIS R., BA A., 2009 – Dynamiques territoriales et changements des modes de gestion des ressources pastorales au Mali Sud (Mali). In : Proceedings des 16^{ème} Rencontres Recherches Ruminants, Paris, pp 357-360.
- DE HAAN C., 2006 – Livestock's Long Shadow. Environmental issues and options. FAO, LEAD initiative, Rome, Italy. 390 p.
- DIXON J., GULLIVER A., GIBBON D., 2001 – Global Farming Systems Study: Challenges and Priorities to 2030 - Synthesis and Global Overview. World Bank/FAO, Rome, Italy.
- FALL A., PEARSON R.A., LAURENCE P.R., FERNANDEZ-RIVERA S., 1997 – Feeding and Working strategies for oxen used for draft purposes in semi-arid West Africa. ILRI, Nairobi, Kenya, 76 p.
- FAO, 1991. Racines, tubercules, plantains et bananes : dans la nutrition humaine. Collection FAO Nutrition n°24, FAO, Rome. <<http://www.fao.org/docrep/t0207f/T0207F00.htm#Contents>>
- FAO, OMS, 1973. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Rapport d'un comité spécial mixte FAO/OMS d'experts. Réunion sur la nutrition n°52, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. Série de rapports techniques n°552, Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- GRÖNROOS J., SEPPÄLÄ J., VOUTILAINEN P., SEURI P., KOIKKALAINEN K., 2006 – Energy use in conventional and organic milk and rye bread production in Finland. Agric. Ecosyst. Environ. 117: 109-118.
- HAAS G., WETTERICH F., KÖPKE U., 2001 – Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. Agric. Ecosyst. Environ. 83: 43-53.
- HERREROM., THORNTON P.K., NOTENBAERT A.M., WOOD S., MSANGI S., FREEMAN H.A., BOSSIO D., DIXON J., PETERS M., VAN DE STEEG J., LAWRENCE P.R., STIBBARDS R.J., 1990 – The energy costs of walking, carrying and pulling loads on flat surfaces by Brahman cattle and swamp buffalo. Anim. Prod. 50: 29-39.
- LINDMARK-MANSSON L., FONDEN R., PETTERSSON H.E., 2003 – Composition of Swedish dairy milk. Int. Dairy J. 13: 409-425.
- LYNAM J., PARTHASARATHY RAO P., MACMILLANS., GERARDB., MCDERMOTT J., SERE C., ROSEGRANT M., 2010. Smart investments in sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. Science 327 (5967): 822-825.
- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeur des aliments. Tables Inra 2007, INRA, Paris, France. 312 p.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE, 2011. <<http://instat.gov.ml/documentation/sikasso.pdf>>
- KUESTERS J., LAMMEL J., 1999 – Investigations of the energy efficiency of the production of winter wheat and sugar beet in Europe. Eur. J. Agron. 11: 35-43.
- PAILLARD S., TREYER S., DORIN B., 2010 – Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050. Ed. Quae, Versailles, France. 8p.
- PASSET R., 1979. L'Economie et le vivant. Payot, Paris, France. 291 p.
- PASSMORE R., DURNIN J.V.G.A., 1955 – Human energy expenditure. Physiol. Rev. 35:801-40.
- POCCARD R., PERRIN C., SANGARE M., COULIBALY D., CORNIAUX C., 2005 – Analyse de la consommation de produits laitiers à Sikasso (Mali). In Recherche de Modes de Gestion du Troupeau pour une Exploitation Economique et Durable des Bovins Laitiers dans les Zones péri-urbaines du Mali, Projet FSP Bov 9-2, IER, LCV, CIRAD, 39 p.
- RABIER F., MIGNON C., LEJEUNE L., STILMANT D., 2010 – Assessment of energy consumption pattern in a sample of Walloon

- livestock farming systems. In Proceedings of the 23rd General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, Germany. 121-123.
- RATHKE G.W., DIEPENBROCK W., 2006 – Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Eur. J. Agron. 24 : 35-44.
- RICHARD D., GUERIN H., FRIOT D., MBAYE N., 1990 – Teneurs en énergies brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop. 43(2) : 225-231.
- RISOUD B., THEOBALD O., 2002 – Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et son pouvoir de réchauffement global. Solagro, Toulouse, France. 47 p.
- SCHIERE J.B., IBRAHIM M.N.M., VAN KEULEN H., 2002 – The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. Agric. Ecosyst. Environ. 90: 139-153.
- SINGH H., MISHRA D., NAHAR N.M., 2002 – Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India--part I. Energy Conv. Manag. 43, 2275-2286.
- SJAUNJA L.O., BAEVRE L., JUNKKARINEN L., PEDERSEN J., SETALAJ. 1990 – A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. In: 27th session of the International Commission for Breeding and Productivity of Milk Animals, Paris, France. pp 156-157.
- STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M., UNITED NATIONS, 2007 – World population prospects: The 2006 revision. Highlights. Department of Economic and Social Affairs, New York, United States. 114 p.
- VAN DER WERF H.M.G., KANYARUSHOKI C., CORSON M.S., 2009 – An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by LCA. J. Environ. Manag. 90: 3643-3652.
- VEYSSET P., LHERM M., BEBIN D., 2010 – Energy consumption, greenhouse gas emissions and economic performance assessments in French Charolais suckler cattle farms: Model-based analysis and forecasts. Agric. Syst. 103: 41-50.
- VIGNE M., BOCHU J.L., LECOMTE P. 2009 – Milk performance, energy efficiency and greenhouse gases emissions of dairy farms: case of Reunion Island. In: Proceedings of 60th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Barcelona, Spain. 1 p.
- VIGNE M., VAYSSIERES J., LECOMTE P., PEYRAUD J.L. – Evaluating the ability of current energy use assessment methods to study contrasted livestock production systems. *Soumis*



Paramètres génétiques de la production laitière chez le zébu Peul sous sélection à la Station de Recherche Agronomique de Niono au Mali

Genetic parameters of milk production of the Fulani zebu under selection at the Niono Agronomic Research Station, Mali

Coulibaly M. D.¹, Nialibouly O.², Kouriba A.³, Traoré A.², Dolo D.²

¹Secrétariat Général du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche –
E-mail : coulibalymdd@gmail.com

²Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono, IER – BP 12, Tél 21 35 20 49 /
21 35 20 55 – E-mail : ousmane1.nialibouly10@ier.ml

³Direction Scientifique, IER – BP 258 – Tél 20 22 26 06 / 20 23 19 05 – E-mail : aly.kouriba@ier.ml

Résumé

L'étude des paramètres génétiques de la production laitière du zébu Peul a été entreprise en utilisant les données accumulées de 1966 à 1995 sur le troupeau de la Station de Recherche Agronomique de Niono (SRA/N) en zone sahélienne du Mali. Les objectifs de l'étude étaient l'évaluation des paramètres génétiques et l'analyse des tendances phénotypiques et génétiques des caractères de production laitière chez le zébu Peul en amélioration par la sélection à la Station de Recherche Agronomique de Niono au Mali. La connaissance desdits paramètres permettra, d'une part, l'amélioration du schéma de sélection de la SRA/N et fournira, d'autre part, les données techniques pour la conception de programme d'amélioration génétique pour les troupeaux peuls au Mali. Les performances ont été évaluées par la méthode de l'analyse de variance, la valeur génétique approchée (VGA) par la méthode du BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) et les tendances par l'ajustement des performances phénotypiques moyennes et les VGA par rapport au temps. L'analyse de (co) variance a été utilisée pour l'établissement des paramètres génétiques. La production moyenne de lait par lactation a été de 492 litres en 214 jours. Les coefficients d'hérédité et de répétabilité ont été de 0,32 et de 0,37 pour la production de lait par lactation. Les tendances phénotypique et génétique ont été de 4,1 et 0,65 litres par an.

Mots clés : performances laitières, paramètres génétiques, zébu Peul, Mali.

Abstract

The study of genetic parameters of milk production of the Fulani zebu was conducted at the Niono Agronomic Research Station in the Sahelian zone of Mali. The objectives of the study were to assess genetic parameters and analyze the genetic and phenotypic trends of milk production characters among the Fulani zebu under selection at the Niono Agronomic Research Station in Mali. The availability of estimates on these parameters will allow, on the one hand, continuous improvements in the selection scheme of the SRA/N and, on the other hand, the development of genetic improvement plan for the whole Fulani zebu herds in Mali. Milk production performances were evaluated using the Least Squared Mean method. The Best Linear Unbiased Predictor (BLUP) method was used to determine the estimated breeding value for milk production. Genetic parameters were established through a (co)variance analysis. Phenotypic and genetic trends were established through the regression of least squares means and breeding value estimates on year of calving. The average lactation milk yield was 492 liters over 214 days of lactation. Heritability and repeatability coefficients for lactation milk yield were 0.32 and 0.37. Phenotypic and genetic trends for lactation milk yield were 4.1 and 0.65 liters per year.

Key words: milk performances, genetic parameters, Fulani zebu, Mali.

I. Introduction

Créée en 1966 sous le nom de Station d'Elevage et de Recherche Zootechnique du Sahel (SERZ/S), la Station de Recherche Agronomique de Niono (SRA/N ou Station de Niono) de l'Institut d'Economie Rurale (IER) a pour objectif, entre autres, la sélection, pour le lait et la viande, de deux races bovines autochtones du Mali : le zébu Maure et le zébu Peul.

De 1966 à 1995 les données zootechniques qui ont été accumulées sur les deux troupeaux ont fait l'objet de plusieurs études de phase. Il en est résulté différentes publications (CIPEA/IER, 1978; Kouriba, 1982 et Nialibouly, 1999) qui, ayant couvert respectivement les périodes de production de 1966-1976, 1974-1980, 1976-1985 et 1986-1995, ont fait ressortir des résultats satisfaisants par phase. Cependant, à l'analyse, ces publications ne semblent pas supporter un accroissement continu du niveau des performances laitières sur l'ensemble de la période de sélection de 1965-1995. Ce constat conduit, à son tour, à d'autres questions :

- trente années de sélection ont-elles pu complètement éroder la variabilité génétique de la production laitière au sein du troupeau peul de la Station de Niono ?
- la stagnation phénotypique observée s'expliquerait-elle seulement par les effets des conditions environnementales dégradées ?
- des gains génétiques ont-ils été réalisés ?

La présente analyse des données de la période 1970-1995 a pour objectifs principaux d'établir les paramètres génétiques (héritabilité, répétabilité) des caractères de production laitière, d'analyser leurs tendances sous l'effet de l'amélioration génétique et de l'environnement et de déterminer la corrélation entre la production laitière et des poids à âges types.



II. Matériel et méthodes

1.1. Description de la zone d'étude

La SRA/N est située dans la zone sahélienne au Nord Est de la ville de Niono, à 277 m d'altitude, entre les 5^{ème} et 12^{ème} longitudes Ouest et les 14^{ème} et 15^{ème} latitudes Nord avec une pluviométrie de 400 à 500 mm, une température annuelle moyenne de 29°C et une forte évapotranspiration de 1700 mm/an. De façon générale, les précipitations sont concentrées sur une seule saison d'hivernage, (entre juillet et septembre) qui est suivie, d'abord, d'une saison post pluviale (octobre-novembre), ensuite d'une saison sèche froide (décembre-février) et, enfin, d'une saison sèche chaude (mars-juin).

Cette partie sahélienne est une plaine qui porte une végétation intermittente ou irrégulière. On y remarque des zones rasées, dénudées, entrecoupées de fourrés, modérément denses à denses, de gros arbustes (*Pterocarpus lucen*, *Combretum micranthum*, toujours présents, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Combretum glutinosum*, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia ataxacantha*, *Combretum nigricans* et *Anogeissus leiocarpus*), avec une couche herbacée irrégulière de graminées (*Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Diheteropogon hagerupii* et *Eragrostis tremula*) et d'herbes annuelles dominées surtout par *Zornia glochidiata* (Ministère Chargé du Développement Rural du Mali, 1983).

2.2. Origine et collecte des données

Constitué en 1966, le troupeau peul de la SRA/N était composé de 50 femelles et d'un géniteur, tous achetés sur les marchés locaux de la zone. La structure du troupeau se présente, en moyenne, comme suit : veaux femelles : 10,1 % ; veaux mâles : 14,4 % ; génisses d'élevage : 11,4 % ; taurillons d'élevage : 9,7 % ; génisses reproductrices : 6,9 % ; vaches : 35,6 % ; mâles de 2 ans et plus : 8,3 % ; taureaux : 1,9 % et bœufs de labour : 1,7 %.

Cette structure est le reflet direct des pratiques de gestion du troupeau à la Station de Niono. La Photo 1 représente un géniteur peul tandis que la Photo 2 montre une séance de traite d'une laitière peule.

De la naissance à 12 mois les veaux étaient élevés par catégorie (0-3 mois, 3-6 mois, 6-9 mois, 9-12 mois) et ils recevaient entre 0,5 et 1 kg de son ou de farine basse de riz et 0,5 kg d'aliment bétail HUICOMA (Huilerie Cotonnière du Mali). À partir de 12 mois, deux troupeaux distincts étaient formés selon le sexe (génisses et taurillons).

À 2 ans ou au poids de 200 kg, les génisses étaient admises dans le troupeau de reproduction, alors que les mâles subissaient, à cet âge, une sélection basée sur les poids à 12 et 18 mois, la production laitière de la mère et la conformation corporelle de l'individu. Les mâles non retenus étaient, soit castrés et utilisés comme bœufs de labour, soit vendus. Le surplus des taurillons reproducteurs sélectionnés était cédé aux éleveurs demandeurs. Il n'existait cependant aucun mécanisme de suivi des animaux ainsi vulgarisés.

Au niveau des adultes, la réforme intervenait à 10 ans pour les géniteurs et à 12 ans pour



Photo 1. Géniteur peul

les vaches, lorsque leur carrière n'était pas perturbée par des anomalies fonctionnelles.

Dans la pratique, les animaux étaient repartis en troupeaux de conduite par catégorie (vaches, génisses reproductrices, génisses d'élevage, taurillons et bouvillons). En saison sèche, le temps de conduite était de 7 à 8 heures par jour avec une supplémentation alimentaire des vaches lactantes et des gestantes avancées au retour des pâturages. Les géniteurs en repos de reproduction étaient maintenus dans des boxes individuels où ils recevaient une ration alimentaire constituée de 2 kg de son de riz, de



Photo 2. Séance de traite d'une vache peule

2 kg d'Aliment Bétail Huicoma (ABH) et de la paille de riz *ad libitum*. Le sevrage intervenait au plus tard à 9 mois, ou avant, suite à la chute de la production laitière à moins de 0,5 litre ou suite au rejet du veau par sa mère.

Les productions de lait mesurées et les différentes observations faites étaient régulièrement portées sur les livres, cahiers, registres et fiches élaborés à cet effet.

2.3. Préparation et analyse des données

Sur la base des données collectées et consignées dans différents registres, un fichier de production laitière a été créé. Aussi, l'indicateur retenu pour le caractère de production laitière est la production totale de lait par lactation.

Elle a été étudiée sous l'influence des groupes de facteurs ci après :

- facteurs environnementaux (numéro de vêlage, année de mise bas) et du sexe à différents niveaux ;
- facteurs génétiques (effet père, effet mère).

Tous les fichiers sont constitués d'animaux sur lesquels les observations complètes et régulières sont faites, ce qui explique le nombre d'observations, relativement faible, de 408 données de lactation.

L'évaluation des performances de production laitière a été faite par la méthode de l'analyse de variance en utilisant le modèle mathématique suivant :

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + v_j + (av)_{ij} + E_{ijk}$$

où

μ = moyenne générale au sens des moindres carrés (constante) ;

a_i = effet de la $i^{\text{ème}}$ année ($i = 1966, \dots, 1995$) ;

v_j = effet du $j^{\text{ème}}$ vêlage ($j = 1, 2, 3, \dots, 10$) ;

$(av)_{ij}$ = effet de l'interaction du $j^{\text{ème}}$ vêlage avec la $i^{\text{ème}}$ année ;

E_{ijk} = résidu aléatoire.

Ici, nous avons les effets fixes de l'année, de la parité et de l'interaction entre ces deux facteurs. Les moyennes ont été comparées par la méthode des contrastes. Les tendances phénotypiques ont été analysées en utilisant la régression des performances moyennes obtenues à l'étape évaluation des performances sur les années.

L'étude des valeurs génétiques approchées (VGA) a été faite en utilisant la méthode du BLUP (Best Linear Unbiased Predictor), c'est-à-dire le "Meilleur estimateur linéaire non biaisé". Pour ce faire, une hypothèse importante a été formulée selon laquelle la sélection sur le troupeau de Niono n'a utilisé que la filière mâle. En effet, cette hypothèse est acceptable étant donné que le programme de sélection avait surtout privilégié les mâles ; les femelles n'ayant fait l'objet que de sélection négative, ponctuelle sur la base de malformation ou de défectuosité corporelle. Donc, le gain génétique réalisé au cours d'une génération est celui réalisé entre générations de pères. Une seconde hypothèse, non moins importante, était que les pères avaient en moyenne 4 ans d'âge quand leurs premiers veaux naissaient. Ceci nous a amené à construire des groupes de pères dans le troupeau sur la totalité de la période de l'étude. La méthode du BLUP, suivant Malmfors 2001, a été utilisée pour calculer la valeur génétique approchée (VGA) par groupe de pères. Les VGA obtenues ont ensuite été régressées sur les années pour l'ajustement des tendances génétiques.

Les paramètres génétiques (héritabilité, répétabilité, variance et corrélation génétique) ont été établis par l'analyse de (co)variance. Celle-ci a été basée sur la méthode du modèle animal où la partie aléatoire était constituée par l'animal et la partie fixe par un groupe de facteurs environnementaux incluant, selon la variable concernée, le sexe, l'année et la parité. L'outil de calcul utilisé était le programme Variance Component Estimation version 5 (VCE-5) (Kovac et Greneveld, 2003).



La répétabilité a été calculée selon la formule suivante :

$$r = \frac{\delta_{\text{intra}}^2}{\delta_{\text{intra}}^2 + \delta_{\text{inter}}^2}$$

où :

- δ_{intra}^2 = variance intra mère ;
- δ_{inter}^2 = variance inter mères.

L'héritabilité a été calculée selon la formule suivante :

$$h^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2}$$

où :

- δ_g^2 = variance génétique additive ;
- δ_p^2 = variance phénotypique.



III. Résultats et discussion

3.1. Performances de production laitière

La production moyenne de lait par lactation observée sur les 408 lactations est de 492 ± 120 litres sur une durée de 214 ± 25 jours. La production quotidienne a été estimée à $2,3 \pm 0,4$ litres. Les coefficients de variation pour les trois variables ont été respectivement de 24, 30 et 17%. Ces résultats ne diffèrent pas fondamentalement de ceux obtenus par CIPEA/IER en 1978, par Kouriba en 1982 et Nialibouly en 1999 pour le même troupeau. Ils ne diffèrent pas non plus de ceux rapportés par Sacker et Trail (1966) sur les vaches Nganda. Les productions totales de lait des races Ndama et Baoulé en Côte d'Ivoire (Hoste *et al.*, 1983) sont inférieures aux résultats de cette étude, quand bien même l'on prendrait en compte la quantité de lait consommée par le veau. Il en est de même des productions de la race Borgou au Bénin (Dehoux *et al.*, 1992). Le coefficient de variation de 24% pour la production totale par lactation indique qu'une amélioration significative de la production laitière par le biais de la sélection est encore possible. Il faut, cependant, noter que cette variabilité de la production laitière totale est de 52%, 39% et 33% inférieure aux chiffres rapportés pour le même troupeau respectivement par CIPEA/IER, 1978 ; Kouriba, 1982 et Nialibouly *et al.*, 2003.

Tableau I. Estimation de l'héritabilité et de la répétabilité de la production laitière totale.

Paramètres génétiques	Production de lait par lactation
Variance génétique (V_a)	0,16024
Variance environnementale (V_e)	0,31234
Variance phénotypique (V_p)	0,47258
Héritabilité (V_a/V_p)	0,32000
Variance inter vaches	0,00274
Variance intra vaches	0,00074
Répétabilité	0,37000

3.2. Paramètres génétiques

Les résultats de l'estimation des paramètres génétiques du troupeau pour la production de lait par lactation sont donnés dans le Tableau I. L'héritabilité s'établit à 0,32 et le coefficient de répétabilité à 0,37.

L'héritabilité obtenue au cours de cette étude est plus élevée que les valeurs rapportées par Wattiaux (2003), Gill *et al.* (1971), Naidu *et al.* (1966) (0,18) en Inde et par Mahadevan *et al.* (1962) au Kenya. Par contre, Moulick *et al.* (1972) en Inde et Galukande *et al.* (1962) au Kenya ont rapporté des coefficients d'héritabilité plus élevés, respectivement de 0,64 et 0,45.

Selon la classification des valeurs d'héritabilité par plusieurs auteurs (MADER/DERD, 2003), il apparaît clairement que la production de lait par lactation des animaux de la SRA/N est sous une forte dépendance génétique, c'est-à-dire qu'il y a encore dans le troupeau la possibilité de réaliser des progrès génétiques par la sélection. La valeur de la répétabilité obtenue est inférieure au 0,65 obtenue sur le même troupeau par CIPEA/IER (1978) pour la quantité de lait traite, mais supérieure au 0,34

obtenue chez le zébu Maure de la SRA par la même étude. Elle est également plus élevée que celle de 0,28 estimée par Tamboura (1981) sur le troupeau bovin du CNRZ de Sotuba. La répétabilité obtenue dans la présente étude est également inférieure à celles rapportées sur des bovins locaux par plusieurs auteurs (Acharva *et al.*, 1971 en Inde ; Alim, 1962 au Soudan et Wijeratne, 1970 au Sri Lanka).

3.2. Tendances phénotypique et génétique des caractères de production laitière

L'analyse tendancielle montre que la production de lait par lactation s'est globalement améliorée au cours de la période de l'étude de 1976 à 1995.

La tendance phénotypique de la production de lait par lactation est illustrée par la droite de régression présentée dans la Figure 1. Avec un coefficient de régression positif de 4,1, cette droite indique, que malgré l'évolution en dents de scie observée, la production de lait par lactation a augmenté de 4,1 litres en moyenne par an, soit un gain phénotypique total de 82 litres sur l'ensemble de la période de l'étude.

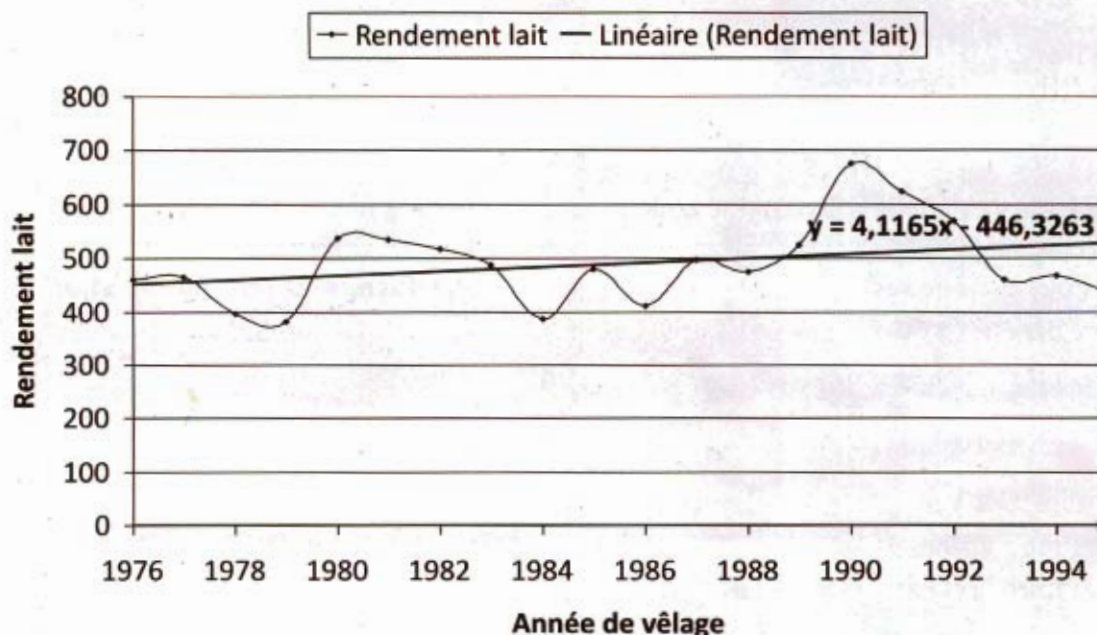


Figure 1. Tendance phénotypique de la production laitière moyenne par lactation

La courbe de la Figure 2 traduit l'évolution des valeurs génétiques approchées pour la production de lait par lactation sur les cinq générations de la période de l'étude. De l'équation de la droite de régression, il ressort un gain génétique de 0,653 litres de lait par an, un gain génétique accumulé de 13,06 litres de lait sur toute la période.

L'analyse des tendances montre que la production de lait par lactation s'est globalement améliorée au cours de la période de l'étude de 1976 à 1995. La tendance phénotypique indique une évolution positive de 4,1 litres de lait par an, soit un gain phénotypique total de 82 litres. La tendance génétique positive de 0,65 litre/an correspond à un gain génétique total de 13 litres de lait accumulé au cours de la période. Elle montre que l'évolution en dents de scie, observée sur la production laitière, est plutôt liée à la grande variabilité des conditions d'élevage et qu'elle permet d'envisager une amélioration croissante de la production laitière par lactation, si un environnement amélioré est maintenu.

IV. Conclusions

Les paramètres de production laitière du troupeau Peul de la Station de Niono, sujet de la présente étude, ne diffèrent pas fondamentalement de ceux obtenus par plusieurs auteurs sur le même troupeau. Le coefficient de variation de 24% pour la production totale par lactation, indique que la production laitière peut être améliorée davantage par sélection dans le troupeau de la Station de Niono. L'analyse des tendances phénotypique et génétique de la production de lait par lactation sur la période 1976 - 1995 supporte une allure linéaire positive pour le caractère. La tendance génétique confirme une certaine efficacité de la sélection appliquée et met en relief l'effet négatif de la variabilité des conditions d'élevage. L'apparente stagnation du niveau de la production de lait par lactation n'est donc pas un fait de l'érosion de la variabilité génétique suite à une trentaine d'années de sélection. L'héritabilité et la répétabilité de la production laitière de 0,32 et 0,37 cadrent avec celles de la littérature. Ces

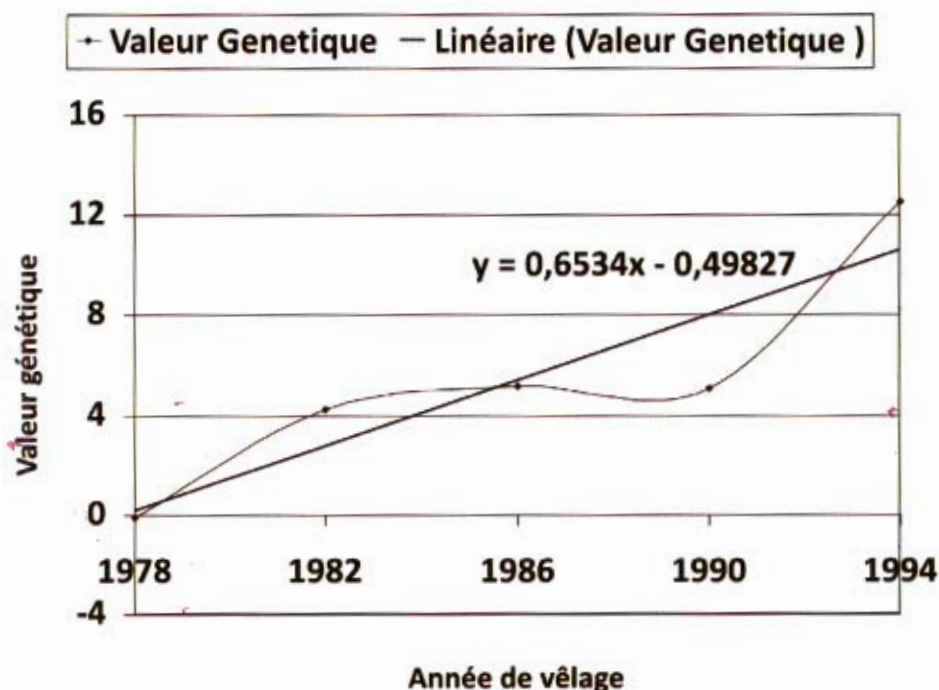


Figure 2. Tendance génétique de la production laitière moyenne par lactation

valeurs prouvent, d'une part, que la production de lait par lactation des animaux de la Station de Niono est sous forte dépendance génétique et, d'autre part, confortent pleinement le choix de la sélection comme outil d'amélioration du potentiel laitier du zébu Peul dans la zone de Niono.

V. Références

- Acharva R. M., Nagpal M. P., 1971. Studies on Sahiwal dairy herd record: genetic and phenotypic parameters for milk production. *Indian J. Anim. Sci.*, **41** (7), 511 – 514
- Alim A. K., 1962. Environmental and genetic factors affecting milk production of Butana cattle in the Sudan. *J. Dairy Sci.*, **45**, 242-247.
- CIPEA/IER, 1978. Evaluation des productivités des races bovines maures et peules à la Station du Sahel. Niono, Mali. Afropress Ltd Lusaka, 128pages.
- Dehoux J. P. et Hounsou-ve G., 1992. *Productivité de la race bovine Borgou en milieu traditionnel au nord-est du Bénin*. Rapport d'étude n° 1. Projet Développement de l'élevage dans le Borgou-Est, Ministère du développement rural, Bénin.
- Galukande E. B. and Mahadevan P., 1962. Milk production in East African Zebu cattle. *Anim. Prod.*, **4**, 329-336.
- Gill G. S., Balaine D. S., and Acharya R. M., 1971. Persistency and peak yield in Haryana cattle 2. Phenotypic and genetic parameters. *Indian J. Anim. Sci.*, **41**(4), 215-217.
- Hoste C., Cloe L., Deslandes P., Poivey J. P., 1983. Etude de la production laitière et de la croissance des veaux de vaches allaitantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. *Rev. Elev. Méd. Pays Trop.*, **36** (2), 197-205.
- Kouriba A., 1982. Principales voies d'amélioration des espèces bovines dans les conditions sahéliennes: Cas des zébus Maure et Peul à la Station du Sahel, Niono, Mali. Thèse de Doctorat INP Toulouse, 103p.
- MADER/DERD, 2003. Amélioration génétique des bovins laitiers. Démystification de certains concepts. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture. Royaume du Maroc. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 4 pages.
- Mahadevan P., Galukunde E. and Black J. G., 1962. A genetic study of the Sahiwal grading up scheme in Kenya. *Anim. Prod.*, **4**, 337-347.
- Malmfors B., 2001. Teaching Genetic Evaluation with special emphasis on BLUP Animal Model. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Dept of Animal Breeding and Genetics, Uppsala, ILRI – SLU – Sida training course on Animal Genetic Resources Addis Ababa.
- Michel A., Wattiaux, 2003. Reproduction et sélection génétique : les buts de la sélection. Institut Babcock, 6 pages.
- Milena Kovac and Eildert Greneveld, 2003. VCE-5 User's Guide and Reference Manual Version 5.
- Ministère Chargé du Développement Rural du Mali, Bamako, 1983. Projet inventaire des ressources terrestres, Vol. I et II.
- Moulik S. K., Mc Donald R. E., Vanvleck L. D. and Guha H., 1972. Potential of Desi cattle of India dairy production. *J. Dairy Sci.*, **55** (8), 1148-1155.
- Naidu K. N. and Dsai R. N., 1966. Genetic studies on Holstein – Friesian x Sahiwal cattle for their suitability in Indian tropical conditions as dairy animals III. Productive characters. *J. dairy Sci.*, **36**, 61-71.
- Nialibouly O., 1999. Performances de production et de reproduction des zébus Maure et Peul (1986 – 1995) en amélioration à la Station de Recherches Agronomiques de Niono au Mali. Mémoire DEA, UCAD, Dakar, Sénégal.
- Nialibouly O., Coulibaly M. D., Domo D., 2003. Performances de production laitière des zébus Maure et Peul en amélioration par la sélection à la Station de Niono, Mali. Les Cahiers de l'Economie Rurale, BDIP, 48 5-18.
- Sacker G. O. and Trail J. C. M., 1966. A note on milk production of Ankole in Uganda. *Trop. Agric.*, **44**, 247-250.
- Tamboura A. T., 1981. Performances de bovins croisés « races locales et races européennes » au Centre National de Recherches Zootechniques de Sotuba, Mali. Thèse : Doctorat Institut National Polytechnique, Toulouse, 148p.
- Wijeratne W. V. S. 1970. Crossbreeding Sinhala cattle with Jersey and Friesian in Ceylan. *Anim. Prod.*, **12**, 473-483.

Paramètres génétiques des caractères de reproduction chez le zébu Peul sous sélection à la Station de Recherche Agronomique de Niono au Mali

Genetic parameters of reproduction traits of the Fulani zebu under selection at the Niono Agronomic Research Station, Mali

Nialibouly O.¹, Coulibaly M. D.², Kouriba A.³, Traoré A.¹, Dolo D.¹

¹Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono, IER – BP 12 – Tél 21 35 20 49 / 21 35 20 55 – E-mail : ousmane1.nialibouly10@ier.ml.

²Secrétariat Général du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche – E-mail : coulibalymdd@gmail.com

³Direction Scientifique, IER – BP 258 – Tél 20 22 26 06 / 20 23 19 05 – E-mail : aly.kouriba@ier.ml

Résumé

L'étude des paramètres génétiques des caractères de reproduction du Zébu Peul a été conduite à partir du troupeau de la Station de Recherche Agronomique de Niono (SRA/N) au Mali où le climat est du type soudano-sahélien. Les objectifs de l'étude étaient, d'un côté, l'évaluation des paramètres génétiques de l'âge au premier vêlage et de l'intervalle entre vêlages consécutifs et, de l'autre, l'analyse de leurs tendances phénotypiques et génétiques. La connaissance desdits paramètres permettra, d'une part, l'amélioration du schéma de sélection de la SRA/N et fournira, d'autre part, les données techniques pour la conception de programme d'amélioration génétique pour les troupeaux peuls au Mali. Les performances ont été évaluées par la méthode de l'analyse de variance, les valeurs génétiques approchées (VGA) par la méthode du BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) et les tendances par l'ajustement des performances phénotypiques moyennes et des VGA sur l'année. L'analyse de (co)variance a été utilisée pour l'établissement des paramètres génétiques. Les femelles ont fait leur premier veau à 42,9 mois, avec un intervalle entre vêlages consécutifs de 16,3 mois. Le coefficient d'héritabilité a été de 0,13 pour l'âge au premier vêlage et de 0,02 pour l'intervalle entre vêlages. La répétabilité de l'intervalle entre vêlages a été de 0,30. L'âge

au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages ont évolué au rythme de -0,125 et de 0,07 mois par an. Le gain génétique a été accumulé pour les deux caractères aux rythmes de -0,22 et de -0,17 mois par génération.

Mots clés : âge au premier vêlage, intervalle entre vêlages, paramètres génétiques, Zébu Peul, Mali.

Abstract

The study of genetic parameters of reproduction traits was conducted in the Fulani zebu herd of the Niono Agronomic Research Station, where the climate is a Sudano-Sahelian one. The objectives of the study were to evaluate the genetic parameters and phenotypic and genetic trends of age at first calving and calving interval. The availability of estimates on these parameters will allow, on the one hand, continuous improvements in the selection scheme of the SRA/N and, on the other hand, the development of a genetic improvement plan for the whole Fulani zebu herd in Mali. The performances were evaluated using the variance analysis method. The Best Linear Unbiased Predictor (BLUP) method was used to estimate Breeding Value (BV) while phenotypic and genetic trends were established through the regression of least squares means and BV for the characters

on year. (Co)variance analysis was used to estimate genetic parameters. First calving occurred at the age of 42.9 months and the interval between consecutive calvings 16.3 months. The heritability coefficient was 0.13 for the age at first calving and 0.02 for calving interval. The repeatability of calving interval was 0.30. Phenotypic trends were -0.1 months per year for age at first calving and -0.07 months per year for calving interval. Genetic gain accumulated at a rate of -0.22 months per generation for age at first calving and -0.17 months per generation for calving interval.

Key Words: age at first calving, calving interval, genetic parameters, Fulani Zebu, Mali.

I. Introduction

Les données de la SRA/N ont déjà fait l'objet de publications (Anonyme, 1978 ; Kouriba, 1982 et Nialibouly, 1999) qui couvrent respectivement les périodes de production de 1966-1976, 1974-1980, 1976-1985 et 1986-1995. Ces différentes publications montrent que la sélection mise en œuvre à la Station de Niono pour améliorer le potentiel génétique du zébu Peul a donné des résultats satisfaisants sur chaque phase prise individuellement. À l'analyse, ces publications ne semblent, cependant, pas supporter un accroissement soutenu du niveau des performances reproductives sur l'ensemble de la période de sélection de 1965-1995. Ce constat conduit aux hypothèses et questions suivantes :

- trente années de sélection ont-elles érodé la variabilité génétique des caractères de reproduction au sein du troupeau ?
- la stagnation phénotypique observée s'expliquerait-elle seulement par des conditions environnementales dégradées ?
- des gains génétiques ont-ils été réalisés ?

C'est dans le souci de trouver réponse à ces questions, que les travaux de la présente étude ont été entrepris. Ces travaux portent sur l'analyse globale des données de reproduction de la Station de Recherche Agricole de

Niono (SRA/N) sur la période de 1966, date de la création, à 1995. Spécifiquement, l'âge au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages sont évalués et leurs paramètres génétiques (héritabilité, répétabilité), établis. Les tendances des différentes variables de reproduction, sous l'effet de la sélection et de l'environnement, sont également analysées.

II. Matériel et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

La SRA/N est située dans la zone sahélienne (nord-est de la ville de Niono) à 277 m d'altitude entre les 5^{ème} et 12^{ème} longitudes Ouest et les 14^{ème} et 15^{ème} latitudes Nord avec une pluviométrie de 400-500 mm, une température annuelle moyenne de 29°C et une forte évapotranspiration de 1700 mm/an. De façon générale, les précipitations sont concentrées sur une seule saison entre juillet et septembre (hivernage) suivie d'une saison post-pluviale (octobre-novembre), ensuite, d'une saison sèche froide (décembre-février) et, enfin, d'une saison sèche chaude (mars-juin). Cette partie sahélienne est une plaine qui porte une végétation intermittente ou irrégulière. On y remarque des zones rasées, dénudées, entrecoupées de fourrés de gros arbustes modérément denses à denses (*Pterocarpus lucen*, *Combretum micranthum*, toujours présents, *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Combretum glutinosum*, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia ataxacantha*, *Combretum nigricans* et *Anogeissus leiocarpus*), avec un tapis herbacé irrégulier de graminées (*Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Diheteropogon hagerupii* et *Eragrostis tremula*) et d'herbes annuelles dominées surtout par *Zornia glochidiata* (Ministère Chargé du Développement Rural du Mali, 1983).



2.2. Origine et collecte des données

Le troupeau peul de la SRA/N, dont les données ont été exploitées ici, a été constitué en 1966 à partir de 50 femelles et de 1 géniteur, tous achetés sur les marchés locaux. Sa structure moyenne se présente comme suit : veaux femelles 10,1 % ; veaux mâles 14,4 % ; génisses d'élevage 11,4 % ; taurillons d'élevage 9,7 % ; génisses reproductrices 6,9 % ; vaches 35,6 % ; mâles 2 ans et plus 8,3 % ; taureaux 1,9 % et bœufs de labour 1,7 %. Cette structure est le reflet direct de la conduite du troupeau. La Photo 1 représente un géniteur peul tandis que la Photo 2 montre principalement un veau tétant sa mère.

De la naissance à 12 mois, les veaux sont élevés par catégorie (0-3 mois, 3-6 mois, 6-9 mois, 9-12 mois) et reçoivent entre 0,5 à 1 kg de son ou de farine basse de riz et 0,5 kg d'aliment bétail HUICOMA (Huilerie Cotonnière du Mali). À partir de 12 mois, deux troupeaux distincts sont formés selon le sexe (génisses et taurillons). À 2 ans ou au poids de 200 kg, les génisses sont admises dans le troupeau de reproduction, alors que les mâles subissaient, à cet âge, une sélection basée sur les poids à 12 et 18 mois, la production laitière de la mère et la conformation corporelle de l'individu.

Les mâles non retenus sont, soit castrés et utilisés comme bœufs de labour, soit vendus. Le surplus des taurillons reproducteurs sélectionnés est cédé aux éleveurs demandeurs. Il n'existe, cependant, aucun mécanisme de suivi des animaux ainsi vulgarisés.

Au niveau des adultes, la réforme intervient à 10 ans pour les géniteurs et à 12 ans pour les vaches, lorsque leur carrière n'était pas interrompue par des anomalies fonctionnelles.

Pour la conduite aux pâturages, les animaux sont repartis dans les troupeaux distincts de vaches, de génisses reproductrices, de génisses d'élevage et de taurillons et bouvillons. En saison sèche, le temps de conduite est de 7 à 8 heures par jour, les femelles gestantes



Photo 1. Géniteur peul



Photo 2. Veau peul tétant

avancées et les vaches lactantes recevant une complémentation alimentaire au retour des pâturages. Les géniteurs qui ne sont pas en service sont maintenus dans des boxes individuels où ils reçoivent une ration alimentaire constituée de 2 kg de son de riz, 2 kg de complément à base de tourteau de coton et de la paille de riz *ad libitum*. Le sevrage intervient, au plus tard, à 9 mois, ou avant, lorsque la production laitière chute à moins de 0,5 litres ou à la suite du rejet du veau par sa mère.

Les observations sur les saillies et mises bas sont régulièrement portées sur les livres, cahiers, registres et fiches élaborés à cet effet.

2.3. Préparation et analyse des données

À partir des registres de collecte de données du troupeau, deux fichiers de reproduction ont été constitués contenant comme variables, les caractères de reproduction, âge au premier vêlage et intervalle entre vêlages consécutifs. Ces variables ont été étudiées sous l'influence des facteurs :

- environnementaux (effets année, saison, numéro de vêlage et du sexe à différents niveaux) ;
- génétiques (effet père, effet mère).

Tous les fichiers sont constitués d'animaux dont les observations sont complètes et régulières, ce qui limite la taille de l'échantillon à 153 pour l'âge au premier vêlage et à 115 pour l'intervalle entre vêlages consécutifs.

2.3.1. Évaluation des performances

L'évaluation des performances du troupeau a été faite par la méthode de l'analyse de variance utilisant un modèle mathématique à effets fixés sous la formule :

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + v_j + (av)_{ij} + E_{ijk}$$

où

μ = moyenne générale au sens des moindres carrés ;

a_i = effet de la $i^{\text{ème}}$ année ($i = 1966$ à 1995) ;

v_j = effet du $j^{\text{ème}}$ vêlage ($j = 1, 2, 3, \dots, 10$) ;

$(av)_i$ = effet de l'interaction du $j^{\text{ème}}$ vêlage avec la $i^{\text{ème}}$ année ;

E_{ijk} = résidu aléatoire.



2.3.2. Analyse des tendances génétiques et phénotypiques

Les tendances phénotypiques ont été dressées en utilisant la régression linéaire des performances moyennes obtenues à l'étape évaluation des performances sur les années. Quant aux tendances génétiques, elles ont été étudiées en utilisant la régression des valeurs génétiques approchées (VGA) des groupes de pères sur les années.

Les VGA des groupes de pères ont été estimées en utilisant la méthode du BLUP (Best Linear Unbiased Predictors), c'est-à-dire les Meilleurs estimateurs linéaires non biaisés suivant Malmfors (2001). Pour ce faire, deux hypothèses importantes ont été faites : (i) le programme de sélection du troupeau de Niono a utilisé seulement la filière mâle. En effet, l'hypothèse est très vraisemblable étant donné que le programme de sélection avait surtout privilégié les mâles, les femelles n'ayant fait l'objet que de sélection négative ponctuelle sur la base de malformation ou de défectuosité structurelle. Donc le gain génétique réalisé d'une génération à l'autre est celui réalisé entre générations de pères et (ii) les pères avaient l'âge de quatre ans, en moyenne, quand leurs premiers veaux naissaient. Ceci nous a amené à construire des groupes de pères dans le troupeau sur l'ensemble de la période d'étude.

2.3.3. Établissement des paramètres génétiques

Les paramètres génétiques (héritabilité, répétabilité, variance, covariance et corrélation) ont été établis en utilisant l'analyse de (co) variance. L'analyse a été basée sur la méthode du modèle animal où la partie aléatoire était constituée par l'animal et la partie fixe par un groupe de facteurs environnementaux incluant, selon la variable concernée, le sexe, l'année et la parité. L'outil de calcul utilisé était le programme Variance Component Estimation, version 5 (VCE-5) (Kovac et Greneveld, 2003).

La répétabilité a été calculée selon la formule suivante :

$$r = \frac{\delta_{\text{intra}}^2}{\delta_{\text{intra}}^2 + \delta_{\text{inter}}^2}$$

où :

- δ_{intra}^2 = variance intra mère ;

- δ_{inter}^2 = variance inter mères.

L'héritabilité a été calculée selon la formule suivante :

$$h^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2}$$

où :

- δ_g^2 = variance génétique additive ;

- δ_p^2 = variance phénotypique.

III. Résultats et discussion

3.1. Performances et facteurs de variation

L'âge moyen des femelles au premier vêlage a été estimé à $42,9 \pm 9$ mois avec un coefficient de variation de 21 %. Cette valeur du coefficient de variation atteste de l'existence d'une bonne variabilité au sein du troupeau de la SRA pour l'âge au premier vêlage. L'analyse de variance a mis en évidence ($P < 0,001$) l'influence de l'année de naissance de la femelle sur l'âge au premier vêlage. Ainsi, les femelles nées en 1971 ont donné leur premier veau plus précocement (à 31,2 mois) tandis que celles des années 1982 et 1984 ont été les plus tardives. Les résultats d'analyse ne supportent, par contre, pas ($P > 0,05$) un effet significatif de l'ordre de vêlage sur la variable.

- L'âge au premier vêlage, observé ici, est comparable à ceux rapportés par Kouriba (1982) sur le même troupeau et par Dehoux *et al.* (1992) sur la race Borgou du Bénin. Il est meilleur aux résultats rapportés par Denis (1971) et N'Diaye (1996) sur le Gobra

au Sénégal, par Zamba P. (1989) sur le zébu Goudali au Cameroun, par Nialibouly (1992) et Wilson (1983) sur le zébu Peul du milieu traditionnel au Mali et par Njoya (1995) sur les femelles du milieu traditionnel au nord du Cameroun. Il reste, cependant, largement supérieur aux 24 mois observés dans les élevages spécialisés du Nord et il dénote le caractère tardif du zébu Peul de la Station de Niono tout comme la plupart des races tropicales.

L'intervalle moyen entre deux vêlages consécutifs s'établit à $16,3 \pm 2,4$ mois avec un coefficient de variation de 14,7 %. Le coefficient de variation de 14,7 % est faible ce qui indique qu'il y a encore peu de potentiel pour l'amélioration du caractère par la sélection. L'analyse de variance n'a pu mettre en évidence un effet significatif des facteurs ordre et année de vêlage sur l'intervalle entre vêlages.

L'intervalle entre vêlages observé ici est comparable à ceux obtenus par Denis (1971) sur le zébu Gobra au Sénégal, par Mimbang (1996) sur les femelles de la zone périurbaine de Dakar et par Nialibouly (1999) le même troupeau de la Station de Niono. Il est un peu plus élevé que ceux rapportés par CIPEA/IER (1978) et de Kouriba (1982) sur les animaux de la même Station de Niono. Par ailleurs, cet intervalle de 16,3 mois est supérieur à ceux rapportés par Zamba (1989) sur le Goudali et Wakwa, par Ralambofiringa (1978) sur les femelles N'Dama, et par Dehoux *et al.* (1992) sur la race Borgou au Bénin. Il est, par contre, inférieur à celui des vaches du milieu traditionnel au nord du Cameroun (Njoya, 1995).

3.2. Paramètres génétiques des caractères de reproduction

Les paramètres génétiques établis pour les caractères étudiés sont consignés dans le Tableau I. Le coefficient d'héritabilité s'établit à 0,13 pour l'âge au premier vêlage et à 0,02 pour l'intervalle entre vêlages. La répétabilité de l'intervalle entre vêlages s'établit à 0,30. Les paramètres génétiques ainsi établis, pour

Tableau I. Paramètres génétiques des caractères de reproduction du zébu Peul de SRA/N.

Paramètres génétiques	Âge au premier vêlage	Intervalle entre vêlages consécutifs
Variance génétique (V_a)	0.0002382	102.289
Variance environnementale (V_e)	0.0098629	4186.540
Variance phénotypique (V_p)	0.0101010	4288.820
Héritabilité (V_a/V_p)	0.1300000	0.020
Variance inter vaches		541143.700
Variance intra vaches		1960985.200
Répétabilité		0.300

les caractères de reproduction chez le zébu Peul de la Station de Niono, sont faibles à très faibles et conformes à la littérature.

En effet, plusieurs auteurs (MADER/DERD, 2003 ; CIPEA/IER, 1978 ; Mahadevan *et al.*, 1961 ; Stobbs, 1966 ; Moulik *et al.*, 1972 ; Galukande *et al.*, 1962) rapportent des coefficients d'héritabilité très faibles pour les caractères de reproduction.

Les résultats, obtenus ici, confirment la faible valeur du coefficient d'héritabilité pour les caractères de reproduction en général et suggèrent que la sélection ne serait pas d'une grande utilité pour l'amélioration de l'âge au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages chez les femelles zébu Peul à la Station de Niono au Mali.

3.3. Tendances phénotypiques et génétiques des caractères de reproduction

L'analyse des tendances phénotypique et génétique sur l'ensemble de la période d'étude supporte une évolution négative correspondant à une amélioration de l'âge au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages chez les femelles zébu Peul de la Station de Niono. Ces tendances sont illustrées dans les Figures 1 et 2.

En effet, la tendance phénotypique (Figure 1) de l'âge au premier vêlage a été estimée à -0,126 mois par an, soit une diminution de 3,0 mois sur les 24 années de la période concernée par l'étude. L'intervalle entre vêlages s'est prolongé de 0,07 mois par an, soit une augmentation totale de 1,6 mois sur la période de 23 années d'observation.

La tendance génétique (Figure 2) a été de -0,22 mois par génération (une génération équivaut à 4 ans) pour l'âge au premier vêlage et de -0,17 mois par génération pour l'intervalle entre vêlages. Ces résultats correspondent à une réduction totale de 1,2 et 0,9 mois sur la valeur génétique approchée de l'âge au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages sur la période de l'étude chez les femelles Zébu Peul de la Station de Niono au Mali.



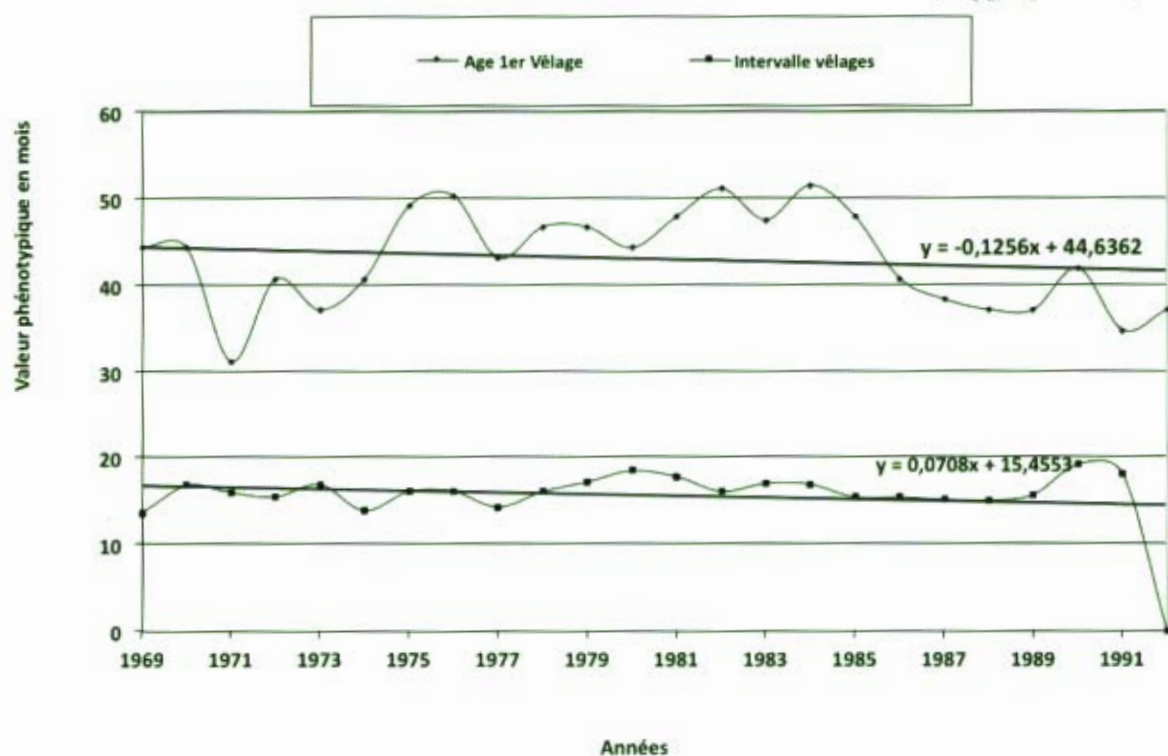


Figure 1. Tendence phénotypique de l'âge au premier vêlage et de l'intervalle entre vêlages consécutifs

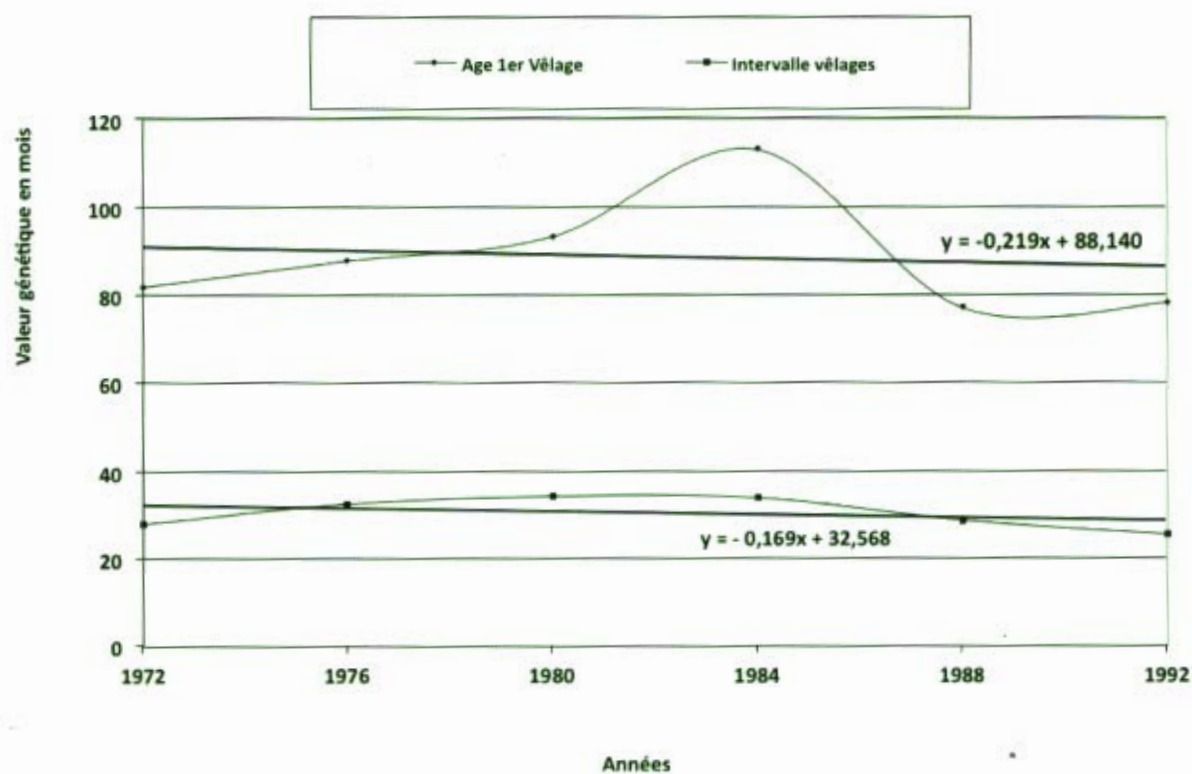


Figure 2. Tendence génétique de l'âge au premier vêlage et de l'intervalle entre vêlages

IV. Conclusions

Les résultats obtenus dans cette étude sur les paramètres génétiques de l'âge au premier vêlage et sur l'intervalle entre vêlages sont comparables à ceux des études antérieures. Ils indiquent, d'une part, le caractère tardif et, d'autre part, le long intervalle entre mises bas consécutives du Zébu Peul de la Station de Niono tout comme chez la plupart des races tropicales. Concernant l'âge au premier vêlage, il a évolué en dents de scie, mais avec une pente globale négative sur l'ensemble de la période d'étude, indiquant une légère amélioration du paramètre au fil des années. Cette amélioration est supportée par une tendance génétique de la même allure. Quant à l'intervalle entre vêlages, il a évolué positivement, indiquant plutôt une détérioration du paramètre au fil des années. Cette détérioration semble être due à une forte variabilité de l'environnement qui a pris le pas (qui a eu plus d'impact) sur une tendance génétique, par ailleurs, négative.

Les coefficients d'héritabilité sont remarquablement faibles pour les deux caractères. Le coefficient de répétabilité de l'intervalle entre vêlages est également faible. Les coefficients de variation observés indiquent l'existence d'une bonne variabilité au sein du troupeau malgré les trente années de sélection.

Pris globalement, les faibles variances phénotypiques et les faibles coefficients de répétabilité et d'héritabilité observés, indiquent que la sélection jouera un faible rôle dans l'amélioration de ces caractères de reproduction des troupeaux de zébu Peul. La Station de Niono doit plutôt mettre l'accent sur l'amélioration du management du troupeau, notamment sur le maintien d'un environnement nutritionnel amélioré et soutenu, pour une réduction conséquente de l'âge au premier vêlage et l'intervalle entre vêlages au sein du troupeau zébu Peul.

V. Références

- CIPEA/IER, 1978. Evaluation des productivités des races bovines maures et peules à la Station du Sahel. Niono, Mali. Afro press Ltd Lusaka, 128p.
- Dehoux J. P. et Hounsou-ve G., 1992. *Productivité de la race bovine Borgou en milieu traditionnel au nord-est du Bénin*. Rapport d'étude n° 1. Projet Développement de l'élevage dans le Borgou-Est, Ministère du développement rural, Bénin.
- Denis J.P., 1971. Intervalle entre les vêlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Rev. Elev. et Méd. Vét. Pays Trop.*, 24 (4), 635-47.
- Denis J.P. et Valenza J., 1971. Extériorisation des potentialités génétiques du zébu Peul sénégalais (Gobra). *Rev. Elev. et Méd. Vét. des Pays Trop.*, 24, 409-418.
- Galukande E. B. and Mahadevan P., 1962. Milk production in East African Zebu cattle. *Anim. Prod.*, 4, 329-336.
- Kouriba A., 1982. Principales voies d'amélioration des espèces bovines dans les conditions sahéniennes : Cas des zébus Maure et Peul à la Station du Sahel, Niono, Mali. Thèse: Doctorat INP Toulouse, 103 pages.
- MADER/DERD, 2003. Amélioration génétique des bovins laitiers. Démystification de certains concepts. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture. Royaume du Maroc. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 4pages.
- Mahadevan P. and Marples H. J. S., 1961. An analysis of the Entebbe herd of Nganda cattle. *Anim. Prod.*, 3, 29p.
- Ministère Chargé du Développement Rural du Mali, 1983. Projet inventaire des ressources terrestres, Vol. I et II, Bamako.
- Malmfors B., 2001. Teaching Genetic Evaluation with special emphasis on BLUP Animal Model. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Dept of Animal Breeding and Genetics, Uppsala, ILRI - SLU - Sida training course on Animal Genetic Resources Addis Ababa.
- Milena Kovac and Eildert Greneveld, 2003. VCE-5 User's Guide and Reference Manual Version 5.

- Mimbang G. I., 1996. Contribution à l'étude de l'alimentation et de la reproduction des femelles zébu en zone périurbaine de Dakar. Thèse : Méd. Vét., Dakar, 41, 86 pages.
- Moulik S. K., Mc Donald R. E., Vanvleck L. D. and Guha H., 1972. Potential of Desi cattle of India dairy production. *J. Dairy Sci.*, 55 (8), 1148-1155.
- NDiaye S.I., 1996. Croissance des jeunes bovins dans les petits élevages traditionnels en zone péri-urbaine. Thèse : Méd. Vét., Dakar, 35, 89 pages.
- Nialibouly O., 1992. Etude des systèmes d'élevage des exploitations rizicoles en zone Office du Niger. Document SERZ/S Niono, 21 pages.
- Nialibouly O., 1999. Performances de production et de reproduction des zébus Maure et Peul (1986 - 1995) en amélioration à la Station de Recherches Agronomiques de Niono au Mali. Mémoire DEA, UCAD, Dakar, Sénégal.
- Njoya A., Bouchel D., Ngo Tama A.C., Moussa C., Martrenchar A., Letenneur L., 1995. Systèmes d'élevage et productivité des bovins en milieu paysan au Nord-Cameroun. Institut de recherches zootechniques et vétérinaires (IRZV), Station de Garoua, Cameroun. 20 pages.
- Ralambofiringa A., 1978. Notes sur les manifestations du cycle œstral et sur la reproduction des femelles N'Dama. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 31 (1), 91-94.
- Stobbs T. H., 1966. Improvement of Small East African Zebu cattle. *Exp. Agric.*, 2, 287-293.
- Wagenaar K.T., Diallo A. et Sayers A.R., 1986. Productivité des bovins Peuls transhumants dans le delta intérieur du Niger au Mali. Rapport de Recherche N°13, CIPEA. Addis Abeba, Ethiopie, 57 pages.
- Wilson R.T., de Leeuw P. N., de Haan C., 1983. Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali : résultats préliminaires. CIPEA, rapport de recherches n°5, 189 pages.
- Zamba P., 1989. Performances de reproduction, poids à la naissance et au sevrage des zébus Goudali et Wakwa de la Station Zootechnique de Wakwa (Cameroun). Thèse : Méd. Vét., Dakar, 41, 115 pages.



Institut d'Économie Rurale (IER)

Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

Fax : (223) 20 23 37 75

B.P. 258

Rue Mohamed V

Bamako, Mali