

ÉVALUATION DE L'EFFET DE L'APPORT DE FUMIER DE BOVINS ET DE PETITS RUMINANTS SUR LA PRODUCTIVITÉ DES SOLS ET DES CULTURES DANS LE SAHEL : CAS DE LA RÉGION DE MOPTI

BOUREIMA TRAORÉ¹, ROKIA MAGUIRAGA³, MOHAMED SIDDA MAIGA²

¹Institut d'Economie Rurale, BP. 258, Rue Mohamed V, Bamako, Mali
E-mail : boureimatraore@gmail.com - Tél. : +223 66 76 22 89

²Faculté des Sciences et Techniques, Université Sciences et Techniques et Technologies de Bamako –
E-mail : E-mail : pamaiga@yahoo.fr

³Ministère de l'Élevage et de la Pêche, - E-mail : maguiragarokia@yahoo.fr

*Adresse contact : Dr Boureima Traoré, Institut d'Economie Rurale, BP. 258, Rue Mohamed V, Bamako, Mali,
E-mail : boureimatraore@gmail.com - Tél. : +223 66 76 22 89

Résumé

Cette étude a pour objectif de contribuer à la lutte contre la baisse de la fertilité des sols par la pratique de gestion des amendements organiques basés sur l'application de fumier de bovins et de petits ruminants aux champs à différentes doses dans la région de Mopti. Les tests de fertilisation de sol de 2005 à 2007 ont permis d'obtenir un accroissement des rendements grain et paille, et une amélioration de la fertilité du sol. Ainsi : avec 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant on obtient un surplus de production en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3%, et une baisse du pH du sol de 5,09% par rapport au témoin en deuxième année. En cas de déficit pluviométrique, la réduction de la production peut atteindre 30% par rapport au témoin. Avec, l'apport de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant, le surplus de production en grain de mil par rapport au témoin varie de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et de la valeur du pH du sol de 5,6% en deuxième année pour une bonne pluviométrie. Compte tenu du caractère aléatoire de la pluviométrie, l'application de 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier est préférable à celle de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier.

Mots clés : Fumier, petits ruminants, bovins, production, sol.

Abstract

The aim of this study is to contribute to the fight against the decline of soil fertility through the management of organic amendments based on the application of manure from cattle and small ruminants to fields in different doses in the Mopti region. Soil fertilization tests from 2005 to 2007 resulted in increased grain and straw yields and improved soil fertility. For example, with 2t.ha⁻¹.an⁻¹ of cattle or small ruminant manure, a surplus of millet grain production over the control of 0.6 to 82% is obtained, an increase in soil organic matter concentration of 8.3%, and a soil pH decrease of 5.09% compared to the second-year control. In the case of a rainfall deficit, the reduction in production can reach 30% compared to the control. With the addition of 5t.ha⁻¹.3years⁻¹ of cattle or small ruminant manure, the surplus production of millet grain compared to the control varies from 13 to more than 100%, with an increase in organic growth of 4.10%, and the soil pH value of 5.6% in the second year for good rainfall. Given the random nature of rainfall, the application of 2t.ha⁻¹.year⁻¹ manure is preferable to that of 5t.ha⁻¹.3years⁻¹ manure because of the risk, and the possibilities of farmers to store the manure.

Key words: Manure, small ruminants, cattle, production, soil.

1. Introduction

L'utilisation de la fumure organique (fumier, poudrette de parc) est une pratique traditionnelle dans les pays du Sahel. Avec la disparition des friches, le rôle de la fumure organique dans la restitution des aptitudes productives devient de plus en plus important (Ganry, 1985; Kleene, 1989 ; Kébé, 1989 ; Landais., 1990 ; Angé, 1990). La gestion des troupeaux des exploitations et des résidus de récolte permet une production de fumier au niveau exploitation ou des parcs communs. Des tas de fumiers sont souvent déposés dans les champs avant l'hivernage par les exploitants.

Selon Dinechin, 1969, cité par Kébé, (1989), la production annuelle d'un bœuf zébu est de l'ordre de 5 tonnes de fumier de ferme en station et stabulations entravées, mais cette production baisse à 2 tonnes par tête en conditions de stabulation libre. Dans le même ordre d'idée, Landais, 1990 indique que les quantités de matière sèche et de matière organique excrétées dans les fèces dépendent des quantités ingérées et de la digestibilité des aliments, ces quantités excrétées peuvent varier très largement au cours du temps et la norme souvent utilisée de 1 kg de matière sèche (MS) fécale par 100kg de poids vif et par jour n'en représente qu'une approximation assez grossière.

La principale conclusion tirée des expériences sur les effets du fumier, a été que, au moins sur les terres sablonneuses, il peut y avoir un lessivage considérable des éléments nutritifs si bien que l'application de 10 t/ha de fumier de bovins, n'est pas nécessaire chaque année à cause des pertes élevées en éléments nutritifs. Pour réduire les pertes dues au lessivage, il serait plus efficace d'appliquer de petites quantités de fumier plus fréquemment, plutôt que de grandes quantités pour une longue durée. Cette quantité plus petite et appropriée dépend de chaque terrain individuellement pris (Brouwer et Pouma, 1997).

Les animaux peuvent déposer les fèces et les urines directement au champ. Selon Brouwer et al. 1997, l'effet du fumier et de l'urine de mouton semble être indépendant de la position topographique de la parcelle. Sur les pentes concaves et convexes, 2,8 t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier et d'urine, déposés par des moutons parqués sur le site pendant une nuit ont donné une excellente production de mil (800kg.ha⁻¹). Ainsi, dans la régénération de la fertilité des sols la fertilisation organique est d'une importance capitale. En zone semi-aride du Mali, les paysans ont conscience de cet état de fait et par conséquent établissent des contrats de fumure avec les conducteurs ou bergers des troupeaux transhumants pour la fertilisation des champs de cultures.

Comme l'indique Poulain (1980) (cité par Bationo et al., 1991 et Camara., 1996), le recyclage des résidus de récolte dans les pays en développement est important du fait que les quantités de nutriments qu'ils contiennent sont sept à huit fois plus élevées que celles apportées par l'application des engrais. En plus, les résidus de récolte contiennent des éléments nutritifs absents dans les traditionnelles formules d'engrais NPK (Pichot., 1981). Dans certaines communes comme celle de Madiama, il y a peu d'espace pour la production fourragère à cause de la pression sur la terre en vue de la production alimentaire. Les résidus de récolte devront alors jouer un grand rôle dans l'alimentation du cheptel. Ainsi une intensification de la production agricole permet de produire des résidus de récolte et sous-produits de bonne qualité pour l'amélioration de l'élevage et la lutte contre la dégradation de l'environnement (Breman., 1987). La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de la fumure animale (de caprins, des ovins et des bovins) sur la productivité des sols et des cultures dans la région de Mopti en zone sahélienne du Mali.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

L'étude a été menée dans la région de Mopti. Les sites retenus ont été le village de Koporopen dans la Commune de Koporopen, dans la zone agro écologique du Séno, le village de Tougoumé, dans la Commune rurale de Docoumbo sur le Plateau Dogon, et dans le village de Madiama, à la Commune de Madiama, dans la zone du Delta au niveau des champs de brousse. Ces trois sites ont été choisis parce qu'ils sont à la fois représentatifs des trois zones agro écologiques de la région de Mopti et qu'ils sont accessibles. Le Séno correspond à un fossé d'effondrement entre le Plateau Mossi et le Plateau Dogon. Les plaines sont constituées de sable et de grès argileux coiffés d'une dalle cuirassée. Le Séno est dominé au sud par des bancs de collines et au nord par des cordons de dunes. L'ensemble du Séno est assez contrasté du point de vue type de sol ; on y distingue essentiellement trois types de sols : les sols légers sableux (50 %), les sols lourds argilo limoneux (35 %) et les sols limoneux sableux (15 %) (DRSPR, 1992).

Comme le reste du Plateau Dogon, la Commune Rurale de Docoumbo est caractérisée par un relief très accidenté, composé d'un massif de 600 m d'altitude entouré de zones basses. Il s'agit de grès siliceux, caractérisés par une grande hétérogénéité. On observe çà et là des collines et des étendues rocailleuses constituées d'un empilement de bancs gréseux. La situation géomorphologique de la commune justifie la rareté des sols de culture, qui ne représentent que 22 % de la superficie totale du cercle, le reste étant occupé par des affleurements rocheux. Les terres sont dégradées à cause de l'insuffisance de couvert végétal et à cause des eaux de ruissellement (DRSPR, 1992).

La commune de Madiama est située dans le Delta Central du Fleuve Niger dans le bassin sédimentaire du moyen Bani, qui a été comblé par les alluvions du quaternaire. Les oscillations du niveau marin et les variations climatiques pendant le quaternaire ont provoqué plusieurs phases de creusement fluvial et d'alluvionnement qui ont donné des dépôts très variés par leur granulométrie et leur position topographique. Selon les travaux de Badini, 2001, la série texturale des types de sol des unités morpho pédologiques répertoriées comprend : sable, sable limoneux, limon gravillonnaire, limon sableux, limon, limon argileux et argile.

Le climat de la région est de type sahélien, il présente une saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une saison pluvieuse de juin à septembre. La pluviométrie a été en moyenne de 468 mm de 1977 à 2005, avec un minimum de 273 mm reçu en 2002 et un maximum de 643 mm en 1999 (Traoré et al., 2002). Il est caractérisé par une température moyenne annuelle de 29,1°C avec un maximum aux mois d'avril et de mai et un minimum au mois de janvier ; 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 ; 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 (Traoré et al., 2002).

2.2. Méthodes

Le choix des paysans collaborateurs a été le principe directeur dans la conduite des tests. Il a été fait en assemblée villageoise en juin 2005 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 critères de ce choix ont été focalisés surtout sur la volonté, la disponibilité du producteur et l'accessibilité de la parcelle de test.

Le dispositif expérimental était le bloc de Fisher à **5 traitements en 4 répétitions par zone agro-écologique**. La superficie de la parcelle élémentaire était de 150 m².

En première année, le traitement T₀ est une culture continue de mil sans aucun apport d'engrais. Le T₁ et le T₂ ont reçu respectivement : 2t.ha⁻¹an⁻¹ et 5t.ha⁻¹3ans⁻¹ de fumier de bovins par parcelle élémentaire pendant le labour. Les traitements T₃ et T₄ ont reçu respectivement une dose de 2t.ha⁻¹an⁻¹ et 5t.ha⁻¹3ans⁻¹ fumier de petits ruminants, soit 30 kg par parcelle élémentaire pendant le labour. En deuxième et troisième années les traitements qui ont reçu 2t.ha⁻¹3ans⁻¹ de fumier de Bovin et de Petits Ruminants ont été reconduits avec le même apport. Par contre les traitements qui ont reçu 5t.ha⁻¹3ans⁻¹ de fumier de Bovin et de Petits Ruminants ont été reconduits sans aucun autre apport.

A la maturité, le mil a été récolté suivant les traitements en utilisant les carrés de rendement de 16 m². Les tiges et les épis ont été récoltés et d'abord séchés au soleil pendant deux semaines, puis pesés afin de déterminer le poids grain et paille par parcelle élémentaire.

La détermination du Carbone organique du sol (Méthode Anne modifiée) a été réalisée à partir du principe suivant : le carbone dans le sol est oxydé par un mélange de dichromate de potassium et d'acide sulfurique. L'excès de K₂Cr₂O₇ éliminé par une solution contenant le Fe²⁺ (sous la forme de sel de Mohr ou de sulfate de fer). L'acide phosphorique est utilisé pour complexer l'ion Fe afin d'obtenir un point de virage plus distinct. La différence en meq. Fe utilisé pour l'échantillon et pour l'essai à blanc permet de calculer le contenu de carbone dans le sol. Des analyses élémentaires ont montré que 97 % du carbone dans le sol sont oxydés de cette façon. Le pourcentage de matière organique dans le sol peut être calculé sur la base du taux de carbone suivant la formule ci-dessous (Nelson et Sommers, 1982). % C = 0,24 x (ab) x (13/V)/g où a = volume versé pour le blanc b = volume versé pour l'échantillon. V = volume versé pour le contrôle de la solution de Fe G = poids de l'échantillon % MO = 1,72 x % C Précision 0,01 près. Le calcul des moyennes des taux d'éléments du sol, et les analyses de la variance pour les rendements ont été effectués pour déterminer la différence entre les effets des traitements et le test de Duncan a été utilisé pour séparer les moyennes des différents traitements. Des enquêtes sur les différents marchés ont été réalisées afin de faire une l'évaluation économique des différentes techniques.

3. Résultats

3.1. Effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants sur le sol.

- **Effet de l'apport de fumier de bovins et de petits ruminants sur le taux de N, P₂O₅ et K₂O du sol dans la commune rurale de Koporo pen.**

Le Tableau 1 montre la variation des taux de N, P₂O₅ et K₂O du sol après récolte suivant les itinéraires techniques. Les analyses chimiques du sol en première année ont montré un taux d'azote très faible dans l'ensemble, qui a connu un accroissement par rapport au T₀ variant de 11% à 44%. En deuxième année, l'accroissement du taux d'azote des différents traitements par rapport au T₀ était compris entre 0 et 14,2%. Mais en troisième année, le taux d'azote dans le T₁ et le T₂ a baissé par rapport à celui du T₀. Par contre, le taux d'azote a connu un accroissement de 5% par rapport au T₀ dans les traitements T₃ et T₄.

La quantité de P₂O₅ n'a pas connu d'augmentation par rapport au T₀ dans le sol pour tous les traitements en première année. De même en deuxième année, la quantité de P₂O₅ n'a pas connu d'augmentation par rapport au T₀ dans le sol avec le T₁ et le T₃. Le taux de P₂O₅ a connu une légère augmentation par rapport au T₀ de 7%(2,8ppm) avec les traitements T₂ et T₄. Mais en troisième année, la quantité de P₂O₅ a connu un accroissement de 8,4%(4,3ppm) avec le T₁. Tandis que cette quantité n'a pas connu de variation importante dans le sol pour les autres traitements par rapport à celle du T₀.

En première et deuxième année, la quantité de K₂O total est importante dans l'ensemble des traitements. En troisième année, cette quantité dans le T₁ n'a montré aucune augmentation par rapport au T₀.

Tableau 1. Variation des taux en N, P₂O₅ et K₂O du sol suivant les itinéraires techniques après récolte dans la commune rurale de Koporo pen.

Itinéraires Techniques Eléments fertilisants	Années	Mil (témoin) T ₀	Mil+2t.ha ⁻¹ Fumier Bovins T ₁	Mil+5t.ha ⁻¹ Fumier Bovins T ₂	Mil+2t.ha ⁻¹ Fumier Petit Ruminant T ₃	Mil+5t.ha ⁻¹ Fumier Petit Ruminant T ₄
		0 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 40
N total %	2005	0,009	0,010	0,012	0,013	0,013
	2006	0,021	0,020	0,022	0,024	0,021
	2007	0,020	0,019	0,019	0,021	0,021
P ₂ O ₅ total (P) ppm	2005	48,7	48,7	48,7	48,7	41,2
	2006	39,3	39,3	42,1	39,3	42,1
	2007	50,9	55,2	50,9	42,5	50,9
K ₂ O total (K) ppm	2005	587,0	663,5	561,5	535,9	515,1
	2006	324	344	383	342	353
	2007	316,8	306,5	344,4	330,6	337,5

(Source : analyse des sols : BUNASOL 2005, 2006,2007)

- **Effet de l'apport du fumier de bovins et de petits ruminants sur le taux de carbone total et de matière organique totale du sol dans la commune rurale de Koporo pen.**

Les analyses chimiques du sol après la deuxième année de culture ont montré un accroissement du taux de carbone dans le sol par rapport au T₀ de 8,26% avec le traitement T₁, de 7% avec le T₂, de 4,13% avec le T₃, et de 2,4% avec le T₄ (Figure 1). Le rapport C/N est de 13 pour le traitement T₁, ce rapport baisse et prend la valeur 12 pour les traitements T₂ et T₄. Il est le plus bas, soit 11 pour le T₃. La matière organique connaît également une augmentation dans le sol comme le carbone. La matière organique totale est plus élevée dans les traitements à fumier de bovins. En troisième année, le taux de carbone du sol a connu une baisse pour l'ensemble des traitements par rapport à la deuxième année.

Le traitement T₂ a montré le plus bas niveau en matière organique comparé au traitement T₀ (sans fertilisant). Le rapport C/N a été de 13 pour le traitement T₁, 11 pour le T₂ et le T₄, ce qui pourrait s'expliquer par une forte minéralisation.

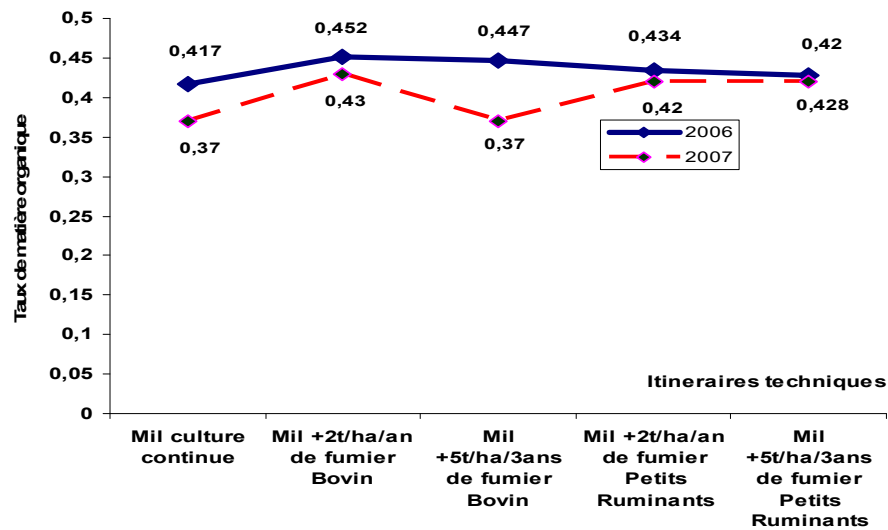


Figure 1. Variation du taux de matière organique du sol suivant les itinéraires techniques dans la commune rurale de Koro pen.

- **Effet de l'apport du fumier de bovins et de petits ruminants sur le pH du sol dans la commune rurale de Koro pen.**

Les analyses chimiques des échantillons de sol après la deuxième année révèlent (Figure 2) que le pH du sol n'a pas connu une variation importante pour l'ensemble des traitements pour lesquels il reste acide (Figure 18). Cependant les traitements avec le fumier de bovins ont été plus acides. La valeur du pH a augmenté de 5,09% avec le T₁, et de 4,10% avec le T₂. La valeur du pH a diminué de 0,9% avec le T₃ et de 3,28% avec le T₄. Ces différences s'expliqueraient par une minéralisation plus rapide du fumier de bovins par rapport au fumier de petits ruminants. Après la troisième année, l'acidité du sol a augmenté dans l'ensemble des traitements, et elle a été plus élevée dans les traitements de fumier de bovins. Cette baisse de la valeur du pH (augmentation de l'acidité du milieu) serait due à la minéralisation de la matière organique (baisse du taux de carbone du sol).

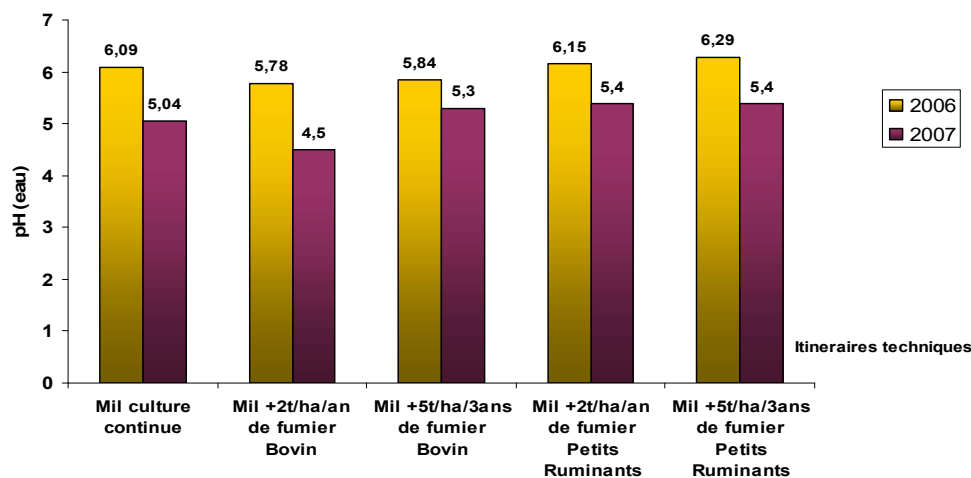


Figure 18. Variation du pH eau du sol suivant les itinéraires techniques en 2006 et 2007 dans la commune rurale de Koro pen.

3.2. Effet de l'apport du fumier de parc sur le rendement moyen du mil dans les communes rurales étudiées.

En effet, avec une bonne pluviométrie, l'application de $2t.ha^{-1}.an^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant permet d'obtenir un surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, avec une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3% et de une baisse de la valeur du pH de 5,09% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année. Dans le cas de déficit pluviométrique, les déficits de production peuvent atteindre 30% par rapport au rendement du témoin. L'apport d'une dose unique de $5t.ha^{-1}.3ans^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant, permet d'obtenir un taux d'amélioration du rendement grain de mil par rapport au témoin variant de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et une hausse de la valeur du pH de 5,6% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année pour une bonne pluviométrie. Avec un risque de perte de 62% en pluviométrie déficitaire. Compte tenu du caractère aléatoire des pluies, l'application de $2t.ha^{-1}.an^{-1}$ de fumier conviendrait mieux que celle de $5t.ha^{-1}.3ans^{-1}$ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier.

Tableau 2. Indicateurs de production après apport du fumier de bovins et de petits ruminants dans les communes rurales étudiées

Communes	Indicateurs	Années	Mil (témoin) T ₀		Mil+2t.ha ⁻¹ an ⁻¹ Fumier Bovins T ₁		Mil+5t.ha ⁻¹ 3ans ⁻¹ Fumier Bovins T ₂		Mil+2t.ha ⁻¹ an ⁻¹ Fumier Petits ruminants T ₃		Mil+5t.ha ⁻¹ 3ans ⁻¹ Fumier Petits Ruminants T ₄	
			Grain	Paille	Grain	Paille	Grain	Paille	Grain	Paille	Grain	Paille
			Koporo pen	Rendement moyen (kg/ha)	2005	825	5950	820(ns)	5550(ns)	940(ns)	6650(ns)	830(ns)
2006	710	2265			1150(ns)	4100(ns)	965(ns)	2950(ns)	1225(ns)	4200(ns)	890(ns)	2900(ns)
2007	559	2043			855(ns)	3169(ns)	712(ns)	2822(ns)	986(ns)	3328(ns)	784(ns)	2894(ns)
Coût total de Production	2005	27 835		-	80 645	-	195	-	97 845	-	154 455	-
	2006	25 515		-	84 115	-	30 350	-	102 150	-	30 655	-
	2007	23 552		-	80 280	-	27 061	-	99 043	-	29 277	-
Bénéfices /Pertes	2005	87 665		-	34 155	-	-63	-	18 355	-	-24 255	-
	2006	66 785		-	65 385	-	95 100	-	57 100	-	85 045	-
	2007	49 118		-	30 870	-	65 499	-	29 137	-	72 643	-
Madiama	Rendement moyen kg/ha)	2005	520(ns)	4270**	800(ns)	3820**	710(ns)	4980**	840(ns)	3850**	870(ns)	7390**
		2006	660**	2950**	1 410**	5850**	970**	8050**	1 840**	5220**	1 920**	8200**
		2007	680*	3900(ns)	1160*	4890(ns)	1300*	4700(ns)	1340*	5300(ns)	1180*	4100(ns)
	Coût total de production	2005	23 565	-	80 365	-	191	-	97 985	-	153 615	-
		2006	25 525	-	88 905	-	45 385	-	111 985	-	45 965	-
		2007	25 805	-	85 405	-	36 005	-	104 985	-	35 605	-
	Bénéfices Pertes	2005	49 235	-	31 635	-	-92	-	19 615	-	-31 815	-
		2006	66 875	-	108 495	-	230	-	145 615	-	222 835	-

		2007	69 395	-	76 995	-	415 145 995	-	82 615	-	129 595	-
Doucombo	Rendement moyen (kg/ha)	2005	600	5 066	427*	5 800*	227*	2 053*	400*	4 400*	460*	3 466*
		2006		2 466		3 966*	1	3 433*		4 033*		3 500*
		2007	1 053	1967	1 800**	3 767*	306**	3 367*	1 853**	4 400*	1 466**	3 833*
	Coût total de production	2005	23 565	-	80 365	-	191 945	-	97 985	-	153 615	-
		2006	25 525	-	88 905	-	45 385	-	111 985	-	45 965	-
		2007	25 805		85 405		36 005		104 985		35 605	
	Bénéfices Pertes	2005	49 235	-	31 635	-	-92 545	-	19 615	-	-31 815	-
		2006	66 875	-	108 495	-	230 415	-	145 615	-	222 835	-
		2007	69 395	-	76 995	-	145 995	-	82 615	-	129 595	-

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

(Source :

3.3. Évaluation des techniques

Pour l'évaluation des différentes techniques le temps de travail, prix (FCFA), les quantité (kg/ha) des intrants et produits agricoles ont été calculés. Ainsi, le Tableau 3 indique le nombre d'hommes qui travaille par jour (homme/jour) pour les différents travaux. Il a été estimé à partir du nombre de travailleurs impliqués pour l'installation du test chez un paysan. Les valeurs obtenues ont été ramenées à l'hectare. Ainsi, de nombreuses investigations ont été faites sur le terrain auprès des techniciens et des paysans pour aboutir à des données supposées raisonnables d'homme/jours par tâche. Quant au travail concernant la récolte, il a été évalué à 10% de la valeur de la production.

Tableau 3. Nombre d'hommes par jours et par hectare

Activités	Mil	Niébé
Labour (tous les ans)	2	2
Semis (tous les ans)	1	1
Sarclage 1 (tous les ans)	3,75	4
Sarclage 2 (tous les ans)	2,25	1
Epannage 2T de fumure organique (tous les ans)	2	-
Epannage 5T de fumure organique (1 ^{ère} année)	3	-

(Source : enquête exploitations 2005)

Les prix de vente du mil, du niébé au producteur varient d'une année à l'autre et dans la même année les prix varient d'une période à l'autre. Ils sont les plus bas, juste après les récoltes et montent progressivement pour atteindre le maximum vers le début de la campagne agricole suivante. Les investigations sur les marchés des différents sites ont permis de retenir le prix moyen de vente du mil à 140FCFA.kg⁻¹ dans le Delta Central du Niger sur les trois ans et dans le Séno en première année, le prix moyen de 130FCFA.kg⁻¹ sur le Plateau Dogon durant les trois ans et les deux dernières années pour le Séno. Le prix moyen de vente de grains de niébé utilisé dans nos évaluations a été de 300FCFA et celui des fanes 125FCFA pour l'ensemble des sites. Les prix des engrais, les quantités recommandées et la valeur du fumier sont indiqués dans les Tableaux 3, 4 et 5.

Tableau 4 : Prix (FCFA) du mil, du niébé, des intrants et quantité (Kg/ha) d'intrants.

Produits et intrants	Unité	Prix en FCFA	Quantité d'intrants par hectare
Mil (semence)	kg	225	5kg.ha ⁻¹
Fumier de bovins	kg	22,32	2 et 5 t.ha ⁻¹
Fumier de petits ruminants	kg	30,69	2 et 5 t.ha ⁻¹
Fumier recommandé	kg	26,50	10 à 15t.ha ⁻¹
Labour	½ ha	4000	
Transport fumier	kg	250	
Autre main d'œuvre	h/jour	750	

(Source : enquête exploitations 2005)

Tableau 5. Valeur (FCFA) du fumier calculée à partir de son taux en éléments, du coefficient (Kg engrais / Kg élément), du taux d'engrais dans le fumier et du prix engrais (FCFA.kg⁻¹)

Engrais	% de l'élément dans le fumier	Coefficient (Kg engrais / Kg élément)	% engrais dans le fumier	Prix engrais (FCFA.kg ⁻¹)	Valeur du fumier (FCFA.kg ⁻¹)
Fumier bovin					
Kg. N	0,980	2,18	0,021	310	6,51
Kg. P ₂ O ₅	0,580	2,27	0,013	310	4,03
Kg. K ₂ O	1,680	2,27	0,038	310	11,78
					22,32
Fumier petit ruminant					
Kg. N	1,250	2,18	0,027	310	8,37
Kg. P ₂ O ₅	0,830	2,27	0,018	310	5,58
Kg. K ₂ O	2,400	2,27	0,054	310	16,74
					30,69

(Source : enquête exploitations 2005)

4. Discussion

L'apport du fumier de bovins et de petits ruminants à différentes doses dans la fertilisation du mil sur trois ans de test aux champs a permis d'obtenir des rendements moyens grain et paille supérieurs à ceux de la culture continue de mil. Les applications du fumier de bovins et de petits ruminants à différentes doses permettent également d'améliorer la qualité des grains et paille en azote et en phosphore par rapport au témoin. Les résultats des itinéraires techniques testés au champ confirment ceux des études conduites dans les stations de recherche en Afrique, qui ont montré des effets bénéfiques du fumier sur les rendements des cultures et les propriétés physiques et chimiques du sol (Bationo, 1998). En effet, avec une bonne pluviométrie, l'application de 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant permet d'obtenir un surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, avec une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3% et de une baisse de la valeur du pH de 5,09% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année. Dans le cas de déficit pluviométrique, les déficits de production peuvent atteindre 30% par rapport au rendement du témoin. L'apport d'une dose unique de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier de bovins ou de petit ruminant, permet d'obtenir un taux d'amélioration du rendement grain de mil par rapport au témoin variant de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et une hausse de la valeur du pH de 5,6% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année pour une bonne pluviométrie. Avec un risque de perte de 62% en pluviométrie déficitaire

Compte tenu du caractère aléatoire des pluies, l'application de 2t.ha⁻¹.an⁻¹ de fumier conviendrait mieux que celle de 5t.ha⁻¹.3ans⁻¹ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier. Cette conclusion est la même que celle tirée des résultats des expériences sur les effets du fumier sur les terres sablonneuses par Brouwer *et al.*, 1997 selon lesquels, l'application d'une très grande quantité de fumier de bovins, n'est pas nécessaire chaque année à cause des pertes élevées en éléments nutritifs. Pour réduire les pertes dues au

lessivage, il conviendrait d'appliquer de petites quantités de fumier plus fréquemment, plutôt que de grandes quantités moins fréquemment. Face au constat alarmant de dégradation physique et organique des sols, un accroissement de la production de fumure animale apparaît comme l'une des réponses urgentes. « Contrairement à ce que l'on prêche généralement, pour arrêter la dégradation, il ne faut pas diminuer le nombre de têtes de bétail mais l'augmenter, tout en changeant radicalement le système de conduite » (Bosma *et al.*, 1993). Mais cette optimisation des effets de l'élevage sur le maintien des potentialités édaphiques et sur la régénération du couvert végétal nécessite une intégration par tous les agropasteurs des innovations en cours de vulgarisation sur la conduite des animaux, une augmentation et une meilleure répartition du cheptel entre les paysans (70% des bovins sont actuellement en la possession de moins de 20% des éleveurs). Cependant, l'accroissement de l'apport de fumure animale organique est indispensable mais sera insuffisant pour compenser l'important déficit phospho-potassique du bilan minéral. La fertilisation chimique en phosphore et potassium devrait être intensifiée pour conserver la fertilité des sols. Selon Breman, 1987 l'utilisation du fumier est recommandée chaque fois que cela est possible, et considère qu'à court terme, son emploi ne doit pas exclure celui de la fertilisation chimique.

5. Conclusion

Au Mali, les céréales couvrent 80 à 90% des besoins alimentaires de la population. Dans cette zone sahélienne, la mauvaise gestion des terres agricoles et l'inadéquation entre le prix des intrants et celui des cultures vivrières constituent des éléments importants dans la dégradation continue des sols. La réduction, voire l'abandon de la jachère qui était la méthode traditionnelle de restauration de la fertilité du sol a entraîné un appauvrissement rapide des sols en éléments nutritifs et une baisse de la productivité des cultures. Dans la région de Mopti, le mil est l'une des cultures les plus importantes et représente 53% de la production agricole. Au cours de ces trois dernières décennies les rendements sont en baisse suite à la dégradation des sols et aux effets néfastes du climat sur le couvert végétal et les ressources en eau. Il en découle que la région connaît une insécurité alimentaire permanente. La pratique de gestion des amendements organiques basés sur le transport et l'application de fumier de bovins et de petits ruminants aux champs à différentes doses. L'application de fumier de bovins et de petits ruminants à différentes doses dans la fertilisation du mil sur trois ans de test de fertilisation aux champs a permis d'obtenir une augmentation des rendements moyens grain et paille, et une amélioration de la qualité des grains et paille en azote, et en phosphore par rapport au témoin. L'apport de $2t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant permet d'obtenir un surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin de 0,6 à 82%, avec une augmentation de la concentration du sol en matière organique de 8,3% et d'une baisse de la valeur du pH de 5,09% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année. En cas de déficit pluviométrique, la réduction de production peut atteindre 30% par rapport au rendement du témoin. Avec, l'apport d'une dose unique de $5t \cdot ha^{-1} \cdot 3ans^{-1}$ de fumier de bovins ou de petit ruminant pour une durée de 3ans, le surplus de production par hectare en grain de mil par rapport au témoin peut varier de 13 à plus de 100%, avec une augmentation de la matière organique de 4,10%, et une hausse de la valeur du pH de 5,6% du sol par rapport au témoin dès la deuxième année pour une bonne pluviométrie. Compte tenu du caractère aléatoire de la pluviométrie, l'application de $2t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ de fumier est préférable à celle de $5t \cdot ha^{-1} \cdot 3ans^{-1}$ de fumier à cause du risque, et des possibilités des paysans à stocker le fumier. La stratégie serait de transformer les résidus de récolte en compost ou en fumier. L'effort doit porter sur la méthode de gestion des résidus de cultures et du fumier afin de définir des périodes d'application permettant de synchroniser la minéralisation des éléments nutritifs avec les besoins des cultures. Dans la région la plus sèche du Sahel où les résidus de récolte laissés

au champ peuvent augmenter les rendements, les options de gestion pourraient viser à accroître la production de la biomasse afin de satisfaire les besoins à la fois des animaux et du sol en résidus de culture.

Références

Angé A., 1990. La fertilité des sols et les stratégies paysannes de mise en valeur des ressources naturelles : le mil dans les systèmes de culture du Sud du bassin arachidier sénégalais. 33pages 89-121.

Badini O., 2001. Agro-climatic assessment (description and analysis) of Madiama Commune in Mopti, Region, Mali (West Africa) (Draft) 102pages.

Bationo A., Seyni F., Buerkert A.C et Biolders, 1998. Rotation céréale – légumineuse.

Bationo, A., E. Ayuk et A.U. Mokwunye., 1991. Évaluation à long terme des engrais phosphoriques pour la production du mil à chandelle sur les sols sahéliens sablonneux des tropiques semi-arides de l’Afrique occidentale.

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 "Élevage et cycle viable des éléments nutritifs dans les systèmes mixtes agriculture élevage de l’Afrique sub-saharienne". CIPEA/ILCA, 22-26 novembre 1993, 14 p.

Breman H., Traore N., 1987. Analyse des conditions de l’élevage et proposition de politique et de programme. Mali OCDE/CILS Club du Sahel.

Brouwer J., et Bouma J., 1997. La Variabilité du sol et de la croissance des cultures au Sahel : points saillants de la recherche (1990 - 95) au Centre Sahélien de l’ICRISAT : Bulletin d’information n° 49 : 42pages.

Camara O.S., 1996. Utilisation des résidus de récolte et du fumier dans le cercle de Koutiala : Bilan des éléments nutritifs et analyse économiques : 136pages

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 5ème région. 27pages.

Ganry F., 1985. Quelques réflexions pratiques sur la valorisation des fumiers et composts en : Atelier sur la recherche agronomique pour le milieu paysan, Nianing, Sénégal du 5 au 11 Mai 1985 Dakar, ISRA pages : 108 -119.

Kébé. D.,1989. Les relations agriculture-élevage et le devenir des systèmes de production de Fonsébougou, Sud-Mali Mémoire ENSAM, Unik. Montpellier -I 105 pages.

Kleene P., Sanogo B., Viestra G., 1989. A partir de Fonsébougou...Présentation, Objectifs et méthode du volet de Fonsébougou (1977-1987) Collection Système de Production Rurale au Mali : Volume I.

Landais E., et al., 1990. Systèmes d'élevage et transfère de fertilité in Savanes d'Afrique, terres fertiles? Montpellier 10 – 14 décembre 1990 p.219.

Landais E., Lhoste P., Guérin H., 1990. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. *In*: Savanes d'Afrique terres fertiles ? Actes des rencontres internationales Montpellier, 10-14 décembre 1990, Ministère de la Coopération et du Développement/CIRAD, p. 219-270.

Pichot J. Sogodogo M.P., Poulain. J.F, Arrivets J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques, *Agronomie tropicale* 26 13 pages.

Powell., J. M., Fernandez-Rivera, S., Hiernaux, P., Turner, M. D. 1996. Nutrient cycling in Integrated Rangeland/Cropland Systems of the Sahel. *Agricultural Systems*, 32 (2/3), 143-170.

PTD., 2002. Plan Triennal de Développement 2002 – 2004 Commune rurale de Doucoumbo, Cercle de Bandiagara, région de Mopti Janvier 2002.20 pages.

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 18 Pages.