1934

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
ET DE L'EAU
==========
INSTITUT D'ECONOMIE RURALE
==========
CENTRE REGIONAL DE RECHERCHE
AGRONOMIQUE DE NIONO
==========
EQUIPE SYSTEME DE PRODUCTION ET GESTION
DES RESSOURCES NATURELLES NIONO
==========

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un But - Une Foi
==========

URDOC
BIBLIOTHEQUE
N° H14
Date: 20 / 07 / 98

LA GESTION PAYSANNE DE LA FERTILITE DES SOLS BILAN PARTIEL DES ELEMENTS NUTRITIFS

Coo
0253

Ibrahim Dembele, ESPGRN, Niono
Loes Kater, ESPGRN, Niono
Daouda Kone, ESPGRN, Niono
Arnoud Budelman, CRRA, Niono
Salif Kanté, ESPGRN, Sikasso
Jean-Luc Sanogo, ESPGRN, Sikasso

Février 1998

PREAMBULE

Ce document présente les résultats obtenus lors de l'application d'une approche méthodologique sur la gestion de la fertilité des sols.

Le programme de développement d'un outil d'analyse et de gestion de la fertilité des sols a été financé par l'International Institute of Environment and Development (IIED) pour une durée de trois ans (1995-1997) dans le cadre de sa coopération avec l'Institut d'Economie Rurale représentant le Gouvernement du Mali.

Le montant global alloué a cette recherche étant de 38832200 FCFA.

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche sur les systèmes de production et gestion des ressources naturelles (ESP/GRN) profite de cette occasion pour réitérer leurs remerciements à:

Camilla TOULMIN pour la direction scientifique du projet;

Toon DEFOER (KIT) pour son appui technique;

La direction de l'Institut d'Economie Rurale pour avoir faciliter l'exécution du projet;

La direction du Centre de Recherche Agronomique de Niono pour son animation scientifique.

Elle tient également à remercier MM Soumaïla TOURE, Alassy DIKO, Fousseyni DEMBELE tous techniciens pour la collecte des données sur le terrain; et tous les paysans collaborateurs des zones d'intervention du projet pour leur franche collaboration.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION 1
2. METHODOLOGIE 1
2.1 Diagnostic et Typologie des Exploitations 1
2.2 Modèle du Bilan Nutritif Partiel 2
2.3 Modèle de Calcul du Bilan Partiel 3
2.4 Données collectées 4
2.5 Critères de Performance 7

3. RESULTATS
3.1 M'PERESSO 7
A. Description du système de production 7
B. Caractéristiques des exploitations suivies 8
C. Indicateurs de performance 8
D. Les flux et bilans partiels des nutriments 10
3.2 DILABA 16
A. Description du système de production 16
B. Caractéristiques des exploitations suivies 17
C. Indicateurs de performance 18
D. Les flux et bilans partiels des nutriments 20
3.3 SIGUINE 22
A. Description du système de production 22
B. Caractéristiques des exploitations suivies 22
C. Indicateurs de performance 23
D. Les flux et bilans partiels des nutriments 25
3.4 TISSANA 27
A. Description du système de production 27
B. Caractéristiques des exploitations suivies 27
C. Indicateurs de performance 28
D. Les flux et bilans partiels des nutriments 29

4. CONCLUSION

LITTERATURE

ANNEXES

1. INTRODUCTION

L'étude diagnostique des systèmes de production menée par les Equipes Systèmes de Sikasso et de Niono a montré que la pauvreté des sols est une préoccupation des paysans. L'observation des paysans est confirmée par les recherches scientifiques faites par Pieri (1983; 1989); van Duivenbooden (1992); van der Pol (1992); Stoorvogel et Smaling (1993) en Afrique au sud du Sahara. Pour lever cette contrainte de fertilité des sols, il s'avère indispensable de développer des outils d'analyse pour la recherche et de gestion pour le développement. En soi, le problème de gestion de la fertilité est très complexe et pose la dimension d'une approche inter-disciplinaire qui va de la pédologie jusqu'à l'économie en passant par la sociologie, etc.. En plus de cette complexité (autrement dit notre compréhension) il existe une très vaste variabilité du point de vu agro-écologique (système de cultures; types de sol, différence pluviométrique etc..) et niveau de ressources des exploitations (terres, animaux, équipement, main d'oeuvre, etc..). La compréhension des variabilités agro-écologiques et de celles des éléments de structure demande des ressources financières très importantes.

C'est pourquoi il est difficile d'envisager des solutions créées par la recherche pour chaque situation agro-écologique. Les producteurs devraient en collaboration avec la recherche systémique arriver à tester des variétés de cultures, à faire des dosage de fumure minérale recommandée, et à comparer des différentes techniques de production et d'utilisation de la fumure organique. Il est impératif de stimuler la capacité de recherche adaptative des paysans, afin d'augmenter son « land literacy » ou l'alphabétisation par rapport à la connaissance du fonctionnement de l'agro-écosystème (Campbell, 1996).

L'élaboration des outils de gestion des ressources de fertilité entre dans la perspective de l'alphabétisation environnementale des producteurs. C'est dans ce cadre que le projet 'Dynamique de la fertilité des sols dans les systèmes de production des savanes de l'Afrique au sud du Sahara' a mené des études sur la gestion paysanne de la fertilité du sol à travers l'élaboration des bilans partiels des éléments nutritifs niveau parcelles et des exploitations durant trois ans (1995-1997).

Pour ce faire l'Equipe Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles (ESPGRN) de Niono à utilisé une méthode de recherche développée par l'ESPGRN de Sikasso (Defoer et al., 1996). Quatre villages de recherche ont été choisi pour mener à bien cette étude. Il s'agit de M'Peresso dans la zone cotonniére de Koutiala ($P > 800$ mm/an), Dilaba dans la zone de production mil ($600 < P < 750$ mm/an) à 35 Km de Ségou-est, Siguiné dans la zone de production de mil ($400 < P < 600$) 30 Km au sud-est de Niono et Tissana dans la zone rizicole (irrigation contrôlée) à 15 Km au Nord de Niono.

2. METHODOLOGIE

2.1 Diagnostic et Typologie des Exploitations

Dans chacun des 4 villages de recherche un diagnostic participatif sur la gestion paysanne de la fertilité des sols a été exécuté en 1995. Le diagnostic a été exécuté selon un canevas développé par ESPGRN Sikasso (Defoer et al. 1996). Il a s'agit de faire l'état des lieux

sur les ressources disponibles et de mieux connaître la diversité de gestion des différentes exploitations du point de vue fertilité des sols et les causes qui sont à l'origine de cette diversité. A travers les critères de différentiation de la gestion de la fertilité des sols les paysans ont distingué trois classes d'exploitations en fonction des critères suivants:

- l'application de la fumure organique;
- l'application des engrais minéraux;
- la lutte anti-érosive au niveau de la zone cotonnière;
- l'entretien des diguettes au niveau des périmètres rizicoles.

Les éléments d'appréciation des critères sont:

- le nombre d'animaux;
- la possession d'une charrette, son état et sa disponibilité;
- la disponibilité de la main d'oeuvre;
- le courage des actifs à produire et à transporter de la fumure organique.

Les trois classes identifiées en fonction des critères ci-dessus cités sont:
- la classe I qui gère bien la fertilité;
- la classe II qui gère moyennement la fertilité;
- et la classe III qui gère mal la fertilité.

Après le diagnostic un nombre de paysans par classe, à base de volontariat, a été retenu pour pouvoir déterminer un bilan partiel des éléments nutritif d'un hectare de culture et de l'exploitation agricole. La base du bilan partiel a été conçu à partir des cartes d'exploitations dessinées par les paysans lors des interviews et ces informations chiffrées sont copiées sur des fiches pré-établies.

Durant l'étude, les caractéristiques de l'exploitation et des parcelles furent considérées. Aussi des données sur les échanges de produits entre l'exploitation et l'extérieur et entre les différentes composantes (parc, compostières, et parcelles) de l'exploitation furent collectées.

Tableau 1. Nombre d'exploitations retenues pour l'élaboration du bilan nutritif partiel.

Village	Nombre d'exploitations agricoles			
	Classe I	Classe II	Classe III	Total
M'Péresso	3	10	7	20
Dilaba	3	2	6	11
Siguiné	4	4	4	12
Tissana	8	7	5	20

2.2 Modèle du Bilan Nutritif Partiel

A travers l'étude diagnostique et les données receuillies auprès des différentes classes; l'équipe a pu obtenir des informations sur les exploitations agricoles dans les quatre sites.

Ce qui a permis de faire une analyse plus fine des sytèmes de cultures à partir d'un modèle de base (Smaling, 1993) comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Modèle du bilan des éléments nutritifs.

IN1	= Fumure minérale
IN2	= Fumure organique
IN3	= Déposition (poussière et cendre, pluie)
IN4	= Fixation biologique d'azote (plantes légumineuses)
IN5	= Sédimentation
OUT1	= Graines, gousses etc,
OUT2	= Résidus de récolte
OUT3	= Lixiviation
OUT4	= Volatilisation (dénitrification, brûlis)
OUT5	= Erosion (par le l'eau et le vent).

Source: Smaling, 1993.

A partir de ce modèle, il est possible de faire un bilan des éléments nutritifs (N, P, K) au niveau de chaque parcelle d'une exploitation agricole. L'équipe a opté pour un modèle simplifié, c'est à dire de se limiter aux éléments des deux premières fonctions IN et OUT (1 et 2) pour des raisons bien précises: les deux fonctions sont "visibles" par les paysans, les vulgarisateurs et les chercheurs. Il est relativement simple de collecter les données pour quantifier ces deux fonctions. Pour les fonctions IN 3 à 5 et OUT 3 à 5 des études spécialisées doivent être exécutées avec des méthodes souvent lourdes et couteuses.

Le bilan partiel des éléments nutritifs qui peut être analysé et construit (par parcelle, champ, culture, exploitation, etc.) connaît des 'entrées' (fumure minérale, fumier organique: 'IN') et des 'sorties' (graines produits, résidus de récolte pour alimenter le troupeaux: 'OUT').
La partie résidus de récolte est subdivisée en différentes variables: litière dans le parc bovin, fourrage ou matières pour composter. Ces utilisations ne constituent pas des vraies pertes, à cause du recyclage à travers la production de la fumure organique. Dans le cas du brûlis, le N peut être considéré perdu. Quand les cendres des pailles brûlées sont utilisées, les éléments N, P et K sortent du système. La vaine pâture (VP, ou v. pâture) est la variable qui répresente la quantité des résidus de récolte broutées par les animaux dans les champs. La variable termites répresente la partie des résidus qui reste sur le champ, et n'est ni une entrée, ni une sortie. Les graines sortent aussi et ne retournent pas au niveau champ. Au niveau exploitation ce n'est pas forcement une perte.

Dans ce document on considère le niveau champ.

2.3 Modèle de Calcul du Bilan Partiel

Les données collectées lors des interviews ont été saisies avec le logiciel SPSS en 5 fichiers de base. Le fichier parcelle donne un inventaire de toutes les parcelles de l'exploitation avec leurs cultures actuelles et précédentes et les jachères, leurs superficies,

les types de sol et des mesures de lutte anti-érosives. Le fichier entrées contient les engrais minéraux et organiques apportés par parcelle de culture. Le fichier sorties contient les différentes utilisations des résidus de récolte des cultures noté par parcelle. Le fichier production rapporte la production des cultures par parcelle. Le fichier gestion renferme les caractéristiques des exploitations, comme le nombre d'actifs, le nombre d'animaux, boeufs de labour et le nombre de charrettes. Le fichier gestion sert surtout à caractériser les trois types d'exploitation distingués par les villageois. Un exemplaire de chaque fiche traduit en fichier se trouve en annexe 1.

Les fichiers de base ont été manipulés pour calculer le bilan nutritif partiel. D'abord un calcul par culture est fait. Ensuite une agrégation des parcelles d'une même culture par exploitation a été faite. Aussi les fichiers sorties, entrées et productions sont agrégés pour arriver au niveau exploitation au lieu de la parcelle.
Après cela un calcul par hectare de culture a été exécuté en divisant les entrées, sorties et productions par le nombre d'hectares de la culture concernée. Cela donne un résultat par hectare de culture, niveau exploitation, pour les entrées, les sorties et les productions en kilogramme (kg).
Le calcul du bilan partiel des éléments nutritifs proprement dit peut commencer avec les valeurs des N, P, K des engrais, des produits agricoles et des résidus de récolte (tableau 3 et 4). On calcule les entrées, sorties et productions par hectare de culture niveau exploitation.
En cumulant toutes les N, P, et K des entrées, des sorties et des productions par culture et en divisant cela par le nombre d'hectares cultivés par exploitation on obtient le résultat d'un hectare de l'exploitation (toutes les cultures confondues et selon leur ratio dans l'exploitation).
Pour arriver à un résultat par classe il suffit d'agréger le fichier niveau exploitation en fichier niveau classe en calculant la moyenne par classe par hectare d'une culture donnée.

Les quantités des résidus de récolte peuvent être calculées de deux manières: - le nombre de charrettes ou bottes exporté pour une utilisation donnée est connu. Il est possible de quantifier directement à travers le nombre de mesures. Le poids de l'unité de mesure étant connu (tableau 5): - on note également le pourcentage des résidus de récolte de l'utilisation donnée. Là où les quantités utilisées ne sont pas connues en nombre de charrettes ou bottes ou autre mesures le pourcentage est utilisé ensemble avec un facteur de multiplication dérivé de l'indice de récolte de la culture concernée (tableau 4).

Il ne s'agit pas de présenter un bilan partiel précis. Ce sont surtout les tendances et les flux dans les champs et dans l'exploitation qui importent. Les méthodes utilisées pour estimer les quantités d'élements nutritifs des entrées et des sorties ne permettent pas un calcul très precis. Il ne faut donc pas prendre les chiffres comme la seule vérité, mais ils peuvent servir pour guider et animer les discussions avec les paysans et vulgarisateurs. En plus ils ont le mérite de clarifier un peu ce qui se passe au niveau champ et exploitation.

2.4 Données collectées

L'analyse au laboratoire des taux en éléments nutritifs de tous les produits dans les flux des ressources d'une exploitation demande des frais énormes, et sont impossible à justifier dans le cadre de la recherche système.

Tableau 3. Valeurs éléments nutritifs (N, P, K) en pourcentage, le facteur de calcul des résidus de récolte.

CULTURE	GRAINES			TIGES/FANES			Facteur de calcul résidus de récolte
	N %	P %	K %	N %	P %	K %	
M'Péresso:							
Coton	1,83	0,84	0,92	0,71	0,45	3,11	0,86
Maïs	1,55	0,29	0,35	0,66	0,08	1,16	1,41
Petit mil	1,85	0,31	0,48	0,70	0,09	2,09	4,70
Sorgho	1,69	0,26	0,34	0,65	0,08	1,09	3,24
Arachide							0,70
Siguiné et Dilaba:							
Petit mil							3,54
Sorgho							4,0
Maïs							1,20
Fonio	1,23	0,21	0,28	0,50	0,11	1,89	5,67
Niébé	2,56	0,30	1,57	1,90	0,11	1,10	1,49
Arachide	4,32	0,22	0,60	1,16	0,10	0,34	1,11
Voandzou	3,50	0,30	1,20	1,30	0,09	0,68	5,67
Tissana:							
Riz	1,16	0,20	0,39	0,62	0,11	1,89	1,22

Source: Duivenbooden van, 1992 et Deat, 1976; *) Linneman (1994).

Les résultats des travaux faits par la station de recherche cotonnière N'Tarla (taux des éléments nutritifs de la poudrette de parc, l'ordure ménagère, et autres matériaux organiques), et ceux de Niek van Duivenbooden (1992) qui concernent l'agriculture dans la cinquième Région (Mopti) ont été utilisés. Les derniers travaux représentent des vraies sources d'information pratique; p.e. les indices de récolte de toutes les spéculations qu'on trouve dans la zone agro-écologique de Ségou (Ibid., p.21), et leurs taux d'éléments nutritifs (Ibid. p.13-14).

Les tableaux 3 et 4 donnent le résumé, les chiffres le plus pertinents dans le cadre du développement des modèles pour les quatres zones agro-écologiques où la recherche à été exécutée. Pour les engrais azotés, dans les villages M'Péresso, Dilaba et Siguiné le coefficient d'utilisation est fixé à 65%. Les pertes d'azotes sont évidents dans les systèmes de cultures pluviales. Les 65% est un estimation adaptée des chiffres de Sanogo, 1996.

Un unité de bétail tropical (UBT) est considéré égale à 0,9 bovin et un petit ruminant est 0,1 UBT.

La fixation azote par des cultures légumineuses est estimé à 20 kg/ha (Stoorvogel and Smaling, 1990), mais n'est pas utilisé dans le bilan partiel.

Tableau 4. Valeurs minérales des matériaux de fertilisation en pour-cent.

Type d'engrais	N %	P %	K %
Fumure minérale:			
Urée	46		
Complexe coton	14	9,6	10
Complexe céréale	15	6,5	12,44
Di-ammonium phosphate	18	21	
PNT		11-17	
Fumure organique:			
Fumier bovin	1,08	0,17	1,51
Poudrette de parc	1,21	0,20	1,54
Crottins petits ruminants			
Volaille	0,2	0,11	0,11
Compost	0,93	0,148	1,26
Ordures ménagères	0,52	0,13	0,70
Fumier 'Tissana'	1,0	0,2	1,3

Source: fumure organique, Station de recherche cotonnière N'Tarla, 1987; Mémento de l'Agronomie, 1992, et Veldkamp (comm. pers.).

Tableau 5. Les unités de mesures quantifiées pour les entrées, sorties et productions.

Unité de mesure	Type de matériel	Quantité en kg
Sac	Engrais chimique	50
Charrette	Tiges coton	70
	Tiges petit mil, sorgho, maïs	150
	Fanes de niébé	40
	Fanes d'arachide	30
	Fumure organique	80
Botte	Fanes de niébé	1
Sac arachide/niébé et voandzou	Graines arachide, niébé, voandzou	30
Baignewar petit mil	Petit mil	
Sac petit mil, sorgho, fonio, riz	Graines petit mil, sorgho, fonio, riz	28,5 80
Charrette récolte	Petit mil	330
	Sorgho	390

Source: Mesures dans les villages (1996 et 1997), poids sec (séché au soleil), moyen de plusieurs échantillons.

2.5 Critères de Performance

Comme critères de performance on peu lister le rendement des cultures et la production de fumure organique par hectare de culture. Ensuite il y a la production de fumier/poudrette de parc par bovin (UBT), la production des ordures ménagères par actif et le recyclage des résidus de récolte. Ces données sont mentionnées dans la partie C des résultats par village.
Ces critères fournissent des éléments de la productivité de l'exploitation et sa gestion de fertilité des sols et des cultures.

3. RESULTATS

3.1 M'PERESSO

A. Description du système de production

Le coton est une culture importante pour les exploitations dans la zone cotonnière.
Il occupe 35% des terres cultivées et les céréales (petit mil, sorgho et mais) 50%. La rotation coton-céréale-céréale est dominante. Le coton et le maïs reçoivent la quasi totalité des engrais chimiques et organiques utilisés par les exploitations.
L'intégration agriculture-élevage consiste au recyclage des résidus de récolte utilisés comme litière (coton et céréales) ou fourrage (légumineuses et céréales); la traction

animale (approvisionnement de l'exploitation en boeufs de labour surtout celles de la classe 1); la production de la fumure organique à partir des parcs de nuit; la stabulation saisonnière des boeufs de labour; le compostage des résidus de récolte et la vaine pâture. Les ordures ménagères sont utilisées par toutes les exploitations.

B. Caractéristiques des exploitations suivies

La classe I est de loin supérieur à la classe II et III en ce qui concerne le nombre d'animaux et la superficie en terres cultivées et en jachère. Le ratio boeufs de labour par superficie cultivé est meilleur pour la classe I (tableau 6). Les exploitations des classes II et III essayent d'augmenter leurs revenus en cultivant beaucoup de coton et d'arachide, par rapport à la classe I. Les classes II et III emblavent 37% de leur terres en coton et 11% en arachide, tandis que les exploitations de la classe I occupent respectivement 33% et 9% en coton et arachide. Pour les céréales la tendance est l'inverse. Les exploitations de la classe I ont 56% des superficies sous céréales contre 50% pour les classes II et III. Elles ont beaucoup plus d'actifs et de bouches à nourir, ce qui explique l'importance d'une grande superficie en céréale. Malgré cela, le ratio le nombre d'hectares en céréales par actif est le plus élevé chez la classe III, qui essaie surement d'assurer l'autosuffisance avec une superficie élevée de 0,9 ha/actif. Pour la classe I et II, il est de 0,8 ha/actif.

Tableau 6. Caractéristiques des exploitations de M'Péresso.

Classe	Nbre de bovins	Nbre petit ruminants	Nbre B. labour	Nbre de charrettes	Nbre d'actif	bovins/ha	ha/actif	ha/BL
I n=3	27	24	6	1,7	13	1,5	1,4	3
II n=10	12,7	11,2	3,4	1,0	7,2	1,2	1,5	3,3
III n=7	5,1	7,6	2,6	0,9	4,4	0,6	1,8	3,1

Classe	Superficie (ha)	Coton (ha)	Maïs (ha)	Sorgho (Ha)	Petit mil (ha)	Arachide (ha)	Jachère (ha)
I n=3	17,7	5,8	1,5	6,3	2,2	1,7	11,0
II n=10	11,1	4,1	0,8	2,8	2,1	1,3	9,5
III n=7	8,0	3,0	0,4	2,0	1,5	0,9	2,0

C. Indicateurs de performance

Les apports d'engrais minéraux varient par année et par classe. La classe II a apporté moins d'urée sur le coton en 1996, mais plus sur le maïs qu'en 1995. Les exploitations de classe III ont augmenté leur apport de complexe coton sur le coton et le maïs, mais ont diminué la quantité d'urée sur le maïs en 1996.

Tableau 7. Indicateurs de performance pour les trois classes d'exploitations à M'Péresso, 1995 et 1996 en kg par hectare.

	1995			1996		
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe 1	Classe 2	Classe 3
* Sur Coton						
Fumures minérales (IN1)						
* urée	48	80	42	49	42	53
* complexe coton	92	128	72	117	119	106
Fumures organiques (IN2)						
1. ord. ménagères	1300	1080	575	1939	701	1002
2. compost	36	36	514	404	244	33
3. fumier	1500	422	244	781	751	451
4. poudrette de parc	0	590	36	267	171	684
* Sur Maïs						
Fumures minérales						
* urée	43	22	104	44	67	50
* complexe coton	5	26	23	47	25	43
* complexe céréale	50	22	18	8	60	53
Fumures organiques						
1. ordures ménagères	0	293	0	0	16	0
2. compost	0	0	0	0	0	0
3. fumier	0	0	0	107	340	0
4. poudrette de parc	0	0	196	0	432	1943
Productions (OUT2)						
* coton	1580	1020	740	1181	1214	1251
* maïs	950	640	910	1470	1693	1634
* petit mil	1050	800	500	1025	902	465
* sorgho	885	900	1170	1205	1014	820
* arachide	680	570	720	748	526	812
Résidus de récolte (OUT1)						
Pour coton						
* VP	333	275	305	460	372	360
* litiere [1]	323	186	94	173	338	137
* compost	78	200	24	58	92	170
* cendre	16	14	2	0	0	30
* brûlis	0	60	88	41	3	0
Pour Maïs						
* vaine pâture	529	346	515	190	351	968
* litiere	0	0	0	200	0	184
* compost	0	0	0	0	150	0
* fourrage	700	322	735	1250	871	505
N	3	10	7	3	10	7

[1] Litiere des tiges de coton/de maïs pour le parc des bovins.

La classe I semble être le plus stable avec son apport des engrais sur le coton et le maïs. Seulement, on constacte une augmentation de la quantité du complexe coton sur le maïs en 1996 et une diminution de la quantité du complexe céréale durant la même année. En 1996, la diminution de la quantité de fumier apporté est compensée par une augmentation de l'utilisation des ordures ménagères sur le coton par la classe I. De 1995 à 1996, l'utilisation de la fumure organique en totalité a augmenté sur le coton sauf pour la classe II où on note une diminution de 2000 kg/ha en 1995 à 1800 kg/ha à 1996. Aussi pour le maïs l'apport des fumures organiques est devenu plus important, surtout pour la classe III. Les quantités par source varient d'une année à l'autre, mais la tendance est que la quantité totale apportée augmente.

Les rendements varient aussi fortement d'une année à l'autre. Pour le coton la différence entre les rendements n'est pas grande en 1996 par rapport à ceux de 1995, où la différence entre la classe I et III est très élevée. Pour le maïs les rendements en 1996 sont meilleurs par rapport à 1995, le rendement du petit mil est stable et pour l'arachide ils sont comparables aussi. Le rendement sorgho de la classe III est le plus haut en 1995 et le plus bas en 1996. L'inverse est vrai pour la classe I. En tout cas, il est évident que les exploitations de la classe I ne sont pas forcement les meilleurs du point de vu rendements des cultures. Les exploitations de la classe II ont les rendements les plus stables pour toutes les cultures, sauf le maïs (tableau 7).

L'utilisation de tiges de coton comme litière a diminué pour la classe I et augmenté pour la classe II et III. La vaine pâture est plus ou même stable. L'utilisation des résidus de récolte pour le compostage a augmenté chez la classe III et diminué pour la classe II. Le brûlis et l'utilisation de la cendre pour fabriquer de la potasse sont faibles par rapport aux autres modes d'utilisation et en nette diminution pour la classe II et III.
En 1996 les résidus de maïs sont aussi utilisés pour le compostage (classe II) et comme litière (classe I et III), à cause de sa plus grande production. La vaine pâture a diminué en faveur du stockage des résidus comme fourrage, sauf pour la classe III (tableau 7).

La production de la fumure par UBT a augmenté fortement en 1996 sauf pour la classe I. La classe III a produit 4,5 fois plus par UBT qu'en 1995 et la classe II a produit 1,5 fois plus (tableau 8). La fluctuation inter-annuelle et la variabilité par classe sont grand. Par contre elles sont moins grandes pour les ordures. La classe I produit le plus.

Tableau 8. Indicateurs de gestion de la fertilité du sol à M'Péresso pour le coton, 1995 et 1996.

Classe	Fumure/UBT		Ordures ménagères par actif		kg production coton/actif	
	1995	1996	1995	1996	1995	1996
I (n=3)	335	273	617	995	699	687
II (n=10)	302	447	536	476	609	732
III (n=7)	179	805	353	418	387	588

La production de coton par actif varie légèrement, sauf pour la classe III, dont la production de 1996 est sensiblement plus haute. Ce qui peut s'expliquer par un meilleure rendement en 1996 (tableau 7) 1250 kg/ha contre 740 kg/ha en 1995.

D. Les flux et bilans partiels des nutriments

Le bilan partiel du coton est positif partout, sauf pour le K (classe II 1996). En 1995 la classe II a le bilan le plus positif et en 1996 la classe I. Les engrais apportés sur le coton suffissent largement pour compenser les exportations des éléments par la récolte et les résidus.

Tableau 9. Bilan des éléments nutritifs par ha de coton pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 Fumure minérale:									
Complexe coton	8,3	8,8	9,2	11,6	12,2	12,8	6,5	6,9	7,2
Urée	14,4			24,0			12,4		
Total F. minérale	22,7	8,8	9,2	35,6	12,2	12,8	18,9	6,9	7,2
IN 2 Fumure Organique									
Fumier	16,2	2,6	22,6	4,6	0,7	6,4	2,6	0,4	3,7
Compost	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	4,8	0,8	6,5
Ordure	6,8	1,7	9,1	5,6	1,4	7,5	3,0	0,8	4,0
Poudrette	0	0	0	7,1	1,2	9,1	0,4	0,1	0,6
Total F. organique	23,3	4,4	32,2	17,6	3,4	23,5	10,9	2,1	14,8
Total	46,0	13,2	41,4	53,2	15,6	36,3	29,8	9,0	22,0
OUT1 Graine	28,9	13,3	14,5	18,7	8,6	9,4	13,6	6,2	6,8
OUT 2 Litière	2,3	1,5	10,0	1,3	0,8	5,8	0,7	0,4	2,9
Vaine pâture	2,4	1,5	10,4	2,0	1,2	8,6	2,2	1,4	9,5
Cendre	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1
Compost C/V	0,6	0,4	2,4	1,4	0,9	6,2	0,2	0,1	0,8
Brûlis	0			0,4			0,6		
Total	34,3	16,8	37,8	23,9	11,6	30,4	17,3	8,1	20,1
Bilan/ha coton	+11,7	+3,6	+3,6	+29,3	+4,0	+5,9	+12,5	+0,9	+1,9

Les engrais minéraux fournissent 50 à 70% de N dans le système surtout chez les classes II et III.
L'exportation des graines occasionnent les 75% de perte du phosphore dans le système. Par ailleurs 10 à 15% du phosphore seront transférés sur une partie des anciennes parcelles de céréales (maïs, sorgho, petit mil) l'année suivante par le biais du fumier. On remarque que la fumure organique n'apporte que 20 à 30% du phosphore sur les parcelles de coton (tableau 9 et 10).

Enfin, 65 à 85% du potassium apportés sur les parcelles de coton proviennent de la fumure organique, dont le pourcentage le plus haut est valable pour la classe I (tableau 9 et 10).

Tableau 10. Bilan des éléments nutritifs par ha de coton pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 Fumure minérale:									
Complexe coton	10,6	11,2	11,7	10,9	11,5	11,9	9,7	10,2	10,6
Urée	14,7			12,7			15,8		
Total F.minérale	25,3	11,2	11,7	23,6	11,5	11,9	25,5	10,2	10,6
IN 2 Fumure Organique									
Fumier	8,4	1,3	11,8	8,1	1,3	11,3	4,9	0,8	6,8
Compost	3,8	0,6	5,1	2,3	0,4	3,1	0,3	0,0	0,4
Ordure	10,1	2,5	13,6	3,6	0,9	4,9	5,2	1,3	7,0
Poudrette	3,2	0,5	4,1	2,1	0,3	2,6	8,3	1,4	10,5
Fumier volaille	0	0	0	0	0	0	0,1	0,05	0,05
Total F.organique	25,5	4,9	34,6	16,1	2,9	21,9	18,8	3,5	24,8
Total	50,8	16,2	46,3	39,7	14,4	33,8	44,3	13,7	35,4
OUT 1 Graine	21,6	9,9	10,9	22,2	10,2	11,2	22,9	10,5	11,5
OUT 2 Litière	1,2	0,8	5,4	2,4	1,5	10,5	1,0	0,6	4,3
Vaine pâture	3,3	2,1	14,3	2,6	1,7	11,6	2,6	1,6	11,2
Fourrage	0,4	0,3	1,8	0	0	0	0	0	0
Cendre	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0,9
Compost C/V	0,4	0,3	1,8	0,7	0,4	2,9	1,2	0,8	5,0
Brûlis	0,3			0,02			0		
Total	27,2	13,4	34,2	27,9	13,8	36,2	27,9	13,6	32,9
Bilan/ha coton	+23,6	+2,8	+12,1	+11,8	+0,6	-2,4	+16,6	+0,1	+2,5

Tableau 11. Bilan des éléments nutritifs par ha de maïs pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale:									
Complexe coton	0,4	0,5	0,5	2,4	2,5	2,6	2,1	2,2	2,3
Complexe céréale	4,9	3,3	6,2	2,2	1,4	2,8	1,7	1,2	2,2
Urée	12,8			6,6			31,2		
Total F. minérale	18,1	3,8	6,7	11,2	3,9	5,4	35,0	3,4	4,5
IN2 F.organique	0	0	0						
Ordure	0	0	0	1,5	0,4	2,0	0	0	0
Poudrette				0	0	0	2,4	0,4	3,0
Total F.organique	0	0	0	1,5	0,4	2,0	2,4	0,4	3,0
Total	18,1	3,8	6,7	12,7	4,3	7,4	37,4	3,8	7,5
OUT 1 Graine	14,7	2,8	3,3	9,9	1,9	2,2	14,1	2,6	3,2
OUT 2 V.pâture	3,5	0,4	6,1	2,3	0,3	4,0	3,4	0,4	6,0
Fourrage	4,6	0,6	8,1	2,1	0,3	3,7	4,9	0,6	8,5
Total	22,8	3,8	17,5	14,3	2,5	9,9	22,4	3,6	17,7
Bilan/ha maïs	-4,7	0	-10,8	-1,6	+1,8	-2,5	+15,0	+0,2	-10,2

Le bilan des éléments est positif pour les exploitations de la classe II et III. Les exploitations de la classe I ont apporté environ la même quantité de N, P et K en 1995 qu'en 1996.

Tableau 12. Bilan des éléments nutritifs par ha de maïs pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale:									
Complexe coton	4,3	4.5	4,7	2,3	2,4	2,5	3,9	4,1	4,3
Complexe céréale	0,8	0.5	1	5,9	3,9	7,4	5,2	3,4	6,6
Urée	13,3			20,0			14,8		
Total F. minérale	18,4	5	5,7	28,2	6,3	9,9	23,9	7,5	10,9
IN2 F.org									
Fumier	1,2	0,2	1,6	3,7	0,6	5,1	0	0	0
Ordure	0	0	0	0,2	0,02	0,1	0	0	0
Poudrette	0	0	0	5,2	0,9	6,3	23,5	3,9	29,9
Total F. organique	1,2	0,2	1,6	9,1	1,5	11,5	23,5	3,9	29,9
Total	19,6	5,2	7,3	37,3	7,8	15,3	47,4	11,4	40,8
OUT 1 Graine	1,3	0,2	2,3	0	0	0	1,2	0,2	2,1
OUT 2 Litière	1,3	0,2	2,2	2,3	0,3	4,1	6,4	0,8	11,2
Vaine pâture	8,3	1	14,5	5,8	0,7	10,1	3,3	0,4	5,9
Fourrage	0	0	0	1	0,1	1,7	0	0	0
Compost C/V	22,8	4,3	5,1	26,2	4,9	5,9	25,3	4,7	5,7
Total	33,7	5,7	24,1	35,3	6	21,8	36,2	6,1	24,9
Bilan/ha maïs	-14,1	-0,5	-16,8	+2	+1,8	-6,5	+11	+5,3	+15,9

Les doses apportées par les classe II et III ont augmenté par rapport en 1995. Pour l'azote et le phosphore, la classe I a apporté la moitié de la quantité par rapport aux classes II et III et le tiers ou le quart du potassium apporté par rapport aux quantités apportées par les classes II et III pour 1996.
Les exportations sont plus élevées en 1996 à cause des rendements plus élevés (voir aussi tableau 8). Les graines de maïs exportent près des deux tiers de l'azote.

Tableau 13. Bilan des éléments nutritifs par ha de sorgho pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale:									
Complexe céréale	0,7	0,4	0,8	0	0	0	0,5	0,3	0,6
Coco	0	0	0	0,2	0,2	0 2	0,1	0,1	0,1
Urée	0			0,5			0,3		
Total Fumure	0,7	0,4	0,8	0,7	0,2	0,2	0,9	0,4	0,7
OUT 1 Graine	14,9	2,3	3,0	15,2	2,3	3,1	19,8	3,1	4,0
OUT 2 Litière	1,5	0,2	2,5	0,6	0,1	1,0	1,5	0,2	2,5
Vaine pâture	6,5	0,8	11,0	8,0	1,0	13,4	12,5	1,5	21,0
Fourrage	0	0	0	1,1	0,1	1,8	0	0	0
Compost	1,2	0,2	2,0	0,5	0,1	0,8	0,4	0,0	0,6
Cendre	2,8	0,3	4,7	1,4	0,2	2,3	0,2	0,0	0,3
Brûlis	0			0,1			0,1		
Total	26,9	3,8	23,2	26,9	3,8	22,4	34,5	4,8	28,4
Bilan/ha sorgho	-25,6	-3,2	-21,6	-26,2	-3,6	-22,2	-33,6	-4,4	-27,7

Tableau 14. Bilan des éléments nutritifs par ha de petit mil pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale:				0,2	0,1	0,3	0	0	0
Complexe céréale	0	0	0						
Total Fumure	0	0	0	0,2	0,1	0,3	0	0	0
OUT 1 Graine	19,3	3,2	5,0	14,8	2,5	3,8	9,3	1,6	2,4
OUT 2 Litière	0	0	0	0,6	0,1	1,9	0	0	0
Vaine pâture	3,1	0,4	9,2	12,6	1,6	37,6	6,0	0,8	17,9
Fourrage	5,0	0,6	15,0	1,0	0,1	3,0	0	0	0
Cendre	12,3	1,6	36,7	0,6	0,1	1,8	2,1	0,3	6,3
Compost	0	0	0	0	0	0	2,3	0,3	7,0
Brûlis	0			0,4			0		
Total	39,7	5,8	65,9	30,0	4,4	48,1	19,7	3,0	33,6
Bilan/ha petit mil	-39,7	-5,8	-65,9	-29,8	-4,3	-47,8	-19,7	-3,0	-33,6

Tableau 15. Bilan des éléments nutritifs par ha de sorgho pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale:									
Complexe coton	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0,7
Urée	0			0			0,5		
Total Fumure	0	0	0	0	0	0	1,2	0,7	0,7
OUT 1 Graine	20,4	3,1	4,1	17,1	2,6	3,4	13,9	2,1	2,8
OUT 2 Litière	1,8	0,2	3,0	1,8	0,2	3,1	1,2	0,1	1,9
Vaine pâture	9,3	1,2	15,6	9,3	1,1	15,6	7,9	1,0	13,3
Fourrage	0	0	0	0,2	0,02	0,3	0,3	0,03	0,5
Compost	4,4	0,1	7,4	0,3	0,04	0,5	0,8	0,1	1,4
Brûlis	0			0,3			0		
Total	35,9	4,6	30,1	29	3,9	22,9	24,1	3,3	18,9
Bilan/ha sorgho	-35,9	-4,6	-30,1	-29	-3,9	-22,9	-22,9	-2,6	-18,2

Tableau 16. Bilan des éléments nutritifs par ha de petit mil pour les 3 classes d'exploitations à M'Péresso, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale:									
IN 2 F. organique									
Ordure ménagères	0	0	0	0,2	0,1	0,3	0	0	0
Total Fumure	0	0	0	0,2	0,1	0,3	0	0	0
OUT 1 Graine	19,0	3,2	4,9	16,7	2,8	4,3	8,6	1,4	2,2
OUT 2 Litière	0,7	0,1	2,1	2,2	0,3	6,6	1,7	0,2	5,1
Vaine pâture	13,3	1,7	39,6	11,5	1,5	34,4	6,4	0,8	19,2
Fourrage	2,0	0,3	6,0	0,8	0,1	2,5	0,2	0,03	0,7
Cendre	2,8	0,4	8,3	0		0 0	0,3	0,04	0,9
Compost	0	0	0	0		0 0	0	0	0
Brûlis	2,4			1,8			1		
Total	40,2	5,7	60,9	33	4,7	47,8	18,2	2,4	28,1
Bilan/ha petit mil	-40,2	-5,7	-60,9	-32,8	-4,6	-47,5	-18,2	-2,4	-28,1

Les paysans ne font pratiquement pas d'apport de fertilisants sur le sorgho et petit mil. Ils pensent que les arrières effets de la fumure organo-minérale apportée sur le cotonnier suffisent pour garantir une production satisfaisante de ces céréales qui le suit dans la rotation. Le bilan des éléments est négatif pour toutes les classes. Le déséquilibre est moindre au niveau de la classe III due au complément minéral apporté et une exportation relativement faible par les graines (1170 et 820 kg/ha sorgho et environ 500 kg/ha petit mil en 1995 et 1996), sauf pour le sorgho en 1995 (tableau 8).

Tableau 17. Bilan des éléments nutritifs pour les systèmes coton/maïs, coton/sorgho et coton/mil, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Bilan Coton/Maïs	+7	+3,6	-7,2	+27,7	+5,8	+3,4	+27,5	+1,1	-8,3
Bilan Coton/Sorgho	-13,9	+0,4	-18	+3,1	+0,4	-16,3	-21,1	-3,5	-25,8
Bilan Coton/Petit mil	-28	-2,2	-62,3	-0,5	-0,3	-41,9	-7,2	-2,1	-32,7

Tableau 18. Bilan des éléments nutritifs pour les systèmes coton/maïs, coton/sorgho et coton/mil, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Bilan Coton/Maïs	+9,5	+2,3	-4,7	+12,8	+2,4	-8,9	+26,6	+5,4	+18,4
Bilan Coton/Sorgho	-12,3	-1,8	-18	-17,2	-3,3	-25,3	-6,3	-2,5	-15,7
Bilan Coton/Petit mil	-16,6	-2,9	-48,8	-21	-4	-49,9	-1,6	-2,3	-25,6

Les résultats montrent que le bilan est en équilibre sauf pour le potassium dans le cadre d'un système de culture coton/maïs qui en réalité est peu pratiqué. Par contre il reste très déséquilibré pour les systèmes de culture coton/sorgho ou petit mil bien que les rendements se situent à un niveau satisfaisant. Les rotations coton-petit mil ou sorgho sont plus fréquent. Ce qui prouve une fois de plus que le capital sol est exploité de façon abusive par les paysans. Par ailleurs on constate que les exploitations de la classe III minent le moins les terres et qu'elles fertilisent plus leurs parcelles de coton et maïs. Ce qui amène à des rendements satisfaisants pour la plupart des cultures dans le temps.

3.2 DILABA

A. Description du système de production

Le système de culture est dominé par l'association petit mil/niébé avec environ 54% de terre cultivées. Le petit mil pur occupe seulement 17% des superficies. L'arachide couvre environ 5% comme le fonio et le voandzou 3%. Le niébé occupe associé et en pur 14% des terres. Le petit mil est à la fois la culture de rente et la culture d'autoconsommation. L'arachide est vendu également.
La rotation pratiqué est la suivante, petit mil/niébé - arachide ou voandzou ou petit mil/niébé - petit mil/niébé. A Dilaba la jachère n'est plus une option. Seulement 3% de la superficie cultivée est en jachère. Et le plus souvent la raison est d'offrir aux boeufs de labour un espace de pâturage pendant la saison de culture.
L'intégration agriculture-élevage est visible par le recyclage des résidus de récolte utilisés comme fourrage (complémentation des boeufs de labour en saison sèche); la traction animale; la production de fumure organique par le parcage des animaux dans les champs et la stabulation saisonnière des boeufs et enfin par la vaine pâture des animaux.

Pendant la campagne agricole tous les bovins pâturent sur jachères et en brousse, et passent la nuit près de l'exploitation. En saison sèche froide après les récoltes tous les bovins pâturent les champs et y passent la nuit aussi. Durant la saison sèche chaude un complément d'alimentation est donné aux bovins, mais surtout aux boeufs de labour, aux vaches lactantes et aussi aux ovins d'embouche. Les chaumes de petit mil, fânes de niébé et d'arachide, ainsi que les feuilles de *Faidherbia albida* et un peu d'aliment bétail (ABH) sont utilisés.

Les ordures ménagères complementées avec les refus des chaumes de mil et des éécès des petits ruminants, la poudrette de parc provenant des boeufs de labour en stabulation et du parcage des animaux pendant la nuit (1 à 2 mois) sur les parcelles constituent l'essentielle de la fumure organique produite.

La fumure organique est apportée sur l'association petit mil/niébé, et sur les sols argileux ou limono-sableux. Les parcelles reçoivent périodiquement de la fumure organique. La production de la fumure organique est insuffisante et ne couvre pas les besoins de toutes les parcelles de petit mil/niébé. La priorité est donnée aux endroits de basse fertilité qui sont facilement identifiés par les paysans (tache, disparition de la couleur noire du sol, bas niveau de rendement).
La poudrette de parc est de bonne qualité et a un plus effet rapide. Les ordures ménagères sont de qualité médiocre. Les crottins des petits ruminants sont meilleurs, éfficaces, mais a un effet lent.

B. Caractéristiques des exploitations suivies

Les différences entre les exploitations de la classe I et celles de la classe III du point de vu élements de structures et superficies emblavées sont très importantes. Les exploitations de la classe III, qui représentent plus que la moitie des exploitations du village, exploitent relativement peu de superficies (tableau 19) et sont assez démunies en boeufs de labour, bovins, main-d'oeuvre et moyen de transport. L'importance des légumineuses dans le système d'exploitation à Dilaba est importante avec un cinquième de la superficie exploitée. Il y a des différences entre les classes d'exploitation. La classe III a plus de niébé, 22% contre 12 et 14% respectivement pour les classes I et II. Les céréales sont le plus cultivées par les classes I et II qui ont le même pourcentage presque 78 et 76% respectivement. La classe III avec 68% des superficies a visiblement moins de céréales dans son système. Les exploitations de la classe III ont relativement plus de niébé. Ce sont elles qui ont des parcelles de niébé pur. Les deux autres classes cultivent rarement du niébé en culture pure. Les graines sont destinées pour l'autoconsommation et les fânes pour l'alimentation des petits ruminants. Les fânes de niébé constituent particulièrement pour la classe III l'aliment le plus riche et bon marché pour leurs petits ruminants en saison sèche. La disponibilité en jachère est faible, mais légèrement plus importante pour les exploitations de la classe I avec 4% contre 0,5% pour la classe II et 2% pour la classe III (tableau 19).

Tableau 19. Caractéristiques des exploitations de Dilaba, 1995 et 1996.

Classe	Nbre de bovins	Nbre petit ruminants	Nbre BL	Nbre de charrettes	Nbre d'actif	bovins/ha	ha/actif	ha/BL
I n=3	60	138	13,7	2	29,3	2,2	1,15	2,5
II n=2	0	35	4	1	8,5	0,2	2,4	5,2
III n=6	0	6	1,4	0,6	2,4	0,2	3,2	5,5

Classe	Superficie (ha)	Petit mil (ha)	Sorgho (ha)	Fonio (ha)	Arachide (ha)	Niébé (ha)	Voandzou (ha)	Jachère (ha)
I n=3	33,8	24	0,2	2,3	2,0	3,9	1,2	1,3
II n=2	20,8	14	1,5	0,5	1,1	3,0	0,6	0,1
III n=6	7,8	3,8	1,1	0,5	0,2	1,7	0,3	0,2

C. Indicateurs de performance

Les quantités de résidus de récolte (avec différentes destinations), les rendements et les fumures appliquées pour un hectare de petit mil et pour un hectare de l'exploitation sont présentés dans le tableau 20.

A Dilaba, l'utilisation de la fumure minérale est quasi inexistante. Par contre les exploitations de la classe I ont quatre sources de fumure organique: - les ordures ménagères, - les crottins des petits ruminants, - le fumier produit dans les parcs bovins, près des exploitations et transporté aux champs et - la bouse de bovins (appelé aussi poudrette de parc) laissée aux champs lors du parcage de nuit des bovins au champ. Ces deux dernières sources de fumure ont été estimées, en utilisant les formules présentées en (1) et (2) au bas du tableau 20. L'idéal serait de peser systématiquement les quantités produites dans les parcs de nuit durant une période donnée.
La quantité totale de fumure organique qui entre chaque année dans les parcelles des exploitations de la classe I n'est pas du tout négligeable. Il s'agit d'environ 1800 kg par hectare de mil et par an avec la vaine pâture. Les exploitations des classes II et III ont trois sources de fumure organique: - les ordures ménagères, - les crottins des petits ruminants, - le fumier produit à partir des boeufs de labour. Ils ont peu de bovins et ne semblent pas pratiquer le parcage de nuit.

Tableau 20. Indicateurs de performance pour une exploitation agricole moyenne et pour les trois classes d'exploitations à Dilaba, 1995 et 1996 en kg/ha.

1995	Classe I	Classe II	Classe III	1996	Classe I	Classe II	Classe III
Fumures minérales (IN1)	0	0	0		0	0	0
Fumures organiques (IN2)							
1. ordures ménagères							
* total	30	213	340		445	87	399
* sur mil (pur/ass.)	42	339	740		568	135	626
2. poudrette de parc							
* total	840	0	0		483	0	0
* sur petit mil	1010	0	0		646	0	0
3. crottins p.r.							
*total	0	267	50		0	0	0
* sur petit mil	0	373	94		0	0	0
4. Bouse par VP[1]							
* total	non calculé				248	194	164
* sur petit mil	non calculé				248	194	164
5. Bouse par parcage de nuit[2]							
* total	447	0	0		255	0	0
* sur petit mil	630	0	0		324	0	0
Productions (OUT1)							
* petit mil	1300	834	750		1253	980	827
* sorgho	200	133	254		533	83	840
* fonio	111	80	84		358	727	178
* arachide	50	246	170		45	150	90
* voandzou	33	60	110		30	150	72
Résidus de récolte (OUT2)							
1. Total							
* VP	1580	790	720		1500	1111	924
* fourrage	345	77	360		268	126	399
* Brûlis	218	947	132		0	0	0
* termites[3]	non calculé				1500	1111	924
2. Petit mil							
* VP	2164	1083	1070		2093	1700	1343
* fourrage	242	0	457		249	73	506
* termites	non calculé				2093	1700	1343
N	3	2	6		3	2	6

1. Formule: 3 kg/jr * No. d'UBT total au village* 10/24* 90 jr * superficie (mil ou totale) de l'EA/superficie totale du village*facteur de productivité relative (rendement mil de l'EA/rendement moyen de mil du village: pour 1996 seulement. 2: Seulement les exploitatins agricoles de la classe I pratiquent le parcage de nuit dans les champs; si basé sur le nombre d'UBT, on peut utiliser la formule: 3 kg/jr*No. UBT de l'EA*150 jr*14/24. En 1995 la poudrette de parc inclus le parcage de nuit, il n'y a pas de distinction faite. 3: Estimations de résidus transformés par les termites sont donnés à titre indicatif, il ne s'agit pas d'une sortie de la parcelle (OUT)

En 1996, les crottins et fumier des boeufs de labour ont été mis sur les tas d'ordures dans le souci d'améliorer la qualité de la fumure produite. Cela s'explique par la présence de l'agent de la gestion de la fertilité dans le village. La production de fumier par UBT a été le plus élevée pour la classe II en 1995 (tableau 20). En 1996, seule la première classe a produit de la poudrette de parc pure.

La classe II a utilisé peu de fumure organique en 1996. La raison n'est pas connu. Aussi la classe I a diminué un peu la quantité par hectare, tandis que la classe III a stabilisé son utilisation. L'apport par hectare de culture est de 400 kg/ha pour les deux années.

Tableau 21. Indicateurs de gestion de la fertilité du sol à Dilaba, 1995 et 1996.

Classe	Fumure/UBT		kg ordures par actif		Rendem. Petit mil/actif	
	1995	1996	1995	1996	1995	1996
I (n=3)	503	302	41	453	44	43
II (n=2)	789	0	518	211	98	115
III (n=6)	421	0	783	1173	345	344

Les quantités des ordures ménagères sont assez importantes pour les exploitations de la classe III, considérant leur ménage relativement petit. Ils utilisent même plus d'ordures ménagères par hectare de petit mil que les exploitations de la classe I et II et produisent le plus par actif (tableau 21).

Les rendements de petit mil des exploitations de la classe I en 1995 et 1996 sont respectivement 1300 et 1253 kg/ha en moyenne (tableau 20), presque le double que ceux de la classe III. Ceci pourrait être due aux plus fortes doses de fumure organique appliquées. Malgré cela les rendements par actif sont les plus élevés chez la classe III et stables pour les trois classes.

D. Les flux et bilans partiels des nutriments

On remarque une absence totale d'une fertilisation minérale dans le système. La seule source de fertilisation reste la fumure organique.

Tableau 22. Bilan partial pour un hectare d'exploitation, Dilaba 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 fumure minérale									
IN 2 fumure organique									
Fumier	5,2	0,8	6,2	0	0	0	0	0	0
Ordures	2,3	0,6	2,6	0,5	0,1	0,5	2,1	0,5	2,3
Poudrette	3,1	0,5	3,9	0	0	0	0	0	0
Total Fumure	10,6	1,9	12,7	0,5	0,1	0,5	2,1	0,5	2,3
OUT 1 Graine	17,3	2,9	4,5	12,5	2,1	1,5	11,7	1,8	6,1
OUT 2 Vaine pâture	10,3	1,3	30,7	7,6	1,0	22,3	5,3	0,7	15,4
Fourrage	1,9	0,2	4,8	0,9	1,1	1,5	3,3	0,4	6,1
Total	29,5	4,4	40	21	4,2	25,3	20,3	2,9	27,6
Bilan/ha de l'exploitation	-18,9	-2,5	-27,3	-20,5	-4,1	-24,8	-18,2	-2,4	-25,3

Les bilans minéraux sont fortement négatifs, surtout pour N et K. Bien que des quantités importantes de fumier entrent, leur apport en terme d'éléments nutritifs reste limité.

Pour l'azote, les sorties sont principalement représentées par les productions et les résidus pâturés.

Tableau 23. Bilan des éléments nutritifs de petit mil de 3 classes d'exploitations à Dilaba, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 fumure minérale									
IN 2 fumure organique									
Poudrette	19,9	3,3	25,3	4,5	0,8	5,8	1,1	0,2	1,5
Ordures ménagères	0.2	0,1	0,3	1,8	0,4	2,4	3,9	1,0	5,2
Total Fumure	20,1	3,4	25,6	6,3	1,2	8,2	5,0	1,2	6,7
OUT 1 Graine	24,1	4,0	6,2	15,4	2,6	4,0	13,9	2,3	3,6
OUT 2 Vaine pâture	15,1	2,0	45,2	7,6	1,0	22,6	7,5	1,0	22,4
Fourrage	1,7	0,2	5,1	0	0	0	3,2	0,4	9,6
Brûlis	2,1			9,6			1,8		
Total	43,0	6,2	56,6	32,6	3,6	26,6	26,4	3,7	35,6
Bilan/ha petit mil	-22,9	-2,8	-31,0	-26,3	-2,4	-18,4	-21,4	-2,5	-28,9

Tableau 24. Bilan des éléments nutritifs de petit mil de 3 classes d'exploitations à Dilaba, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 fumure minérale									
IN 2 fumure organique									
Fumier	7,0	1,1	9,8	0	0	0	0	0	0
Ordures	2,9	0,7	4,0	0,7	0,2	0,9	3,3	0 8	4,4
Poudrette	3,9	0,6	5,0	0	0	0	0	0	0
Total Fumure	13,8	2,4	18,9	0,7	0,2	0,9	3,3	0,8	4,4
OUT 1 Graine	23,2	3,9	6,0	18,1	3,0	4,7	15,3	2,6	4,0
OUT 2 Vaine pâture	14,6	1,9	43,7	11,6	1,5	35,5	9,4	1,2	28,1
Fourrage	1,7	1,5	5,2	0,5	0,1	1,5	3,5	0,4	10,6
Total	39,5	7,3	54,9	30,2	4,6	41,7	28,2	4,2	42,7
Bilan/ha petit mil	-25,7	-4,9	-36	-29,5	-4,4	-40,8	-24,9	-3,4	-38,3

Si on considère la fixation de l'azote par les légumineuses, qui représentent environ 20% de la superficie exploitée, le déficit d'azote diminue par 4 à 6 kg par hectare.
Le bilan de K reste le plus problématique, principalement à cause de la vaine pâture. Les champs sont en grande partie exploités par le troupeau. Le déficit est moindre chez les exploitations de la classe III, parce que les rendements sont plus bas et la vaine pâture est moins importante. Ils n'ont pas un troupeau et bénéficient ainsi moins des dépots de bouses lors de la vaine pâture.

3.3 SIGUINE

A. Description du système de production

Le système de culture est à base de petit mil associé au niébé et couvre 95% des terres cultivées. La part du petit mil est d'environ 80% (un peu moins pour la classe III, et 15-16% pour le niébé). Le niébé est cultivé pour l'autoconsommation et le surplus est vendu, mais les fânes de niébé sont vendues pendant la saison sèche à Niono.
L'intégration agriculture-élevage est visible à travers le parcage des animaux dans les champs de case, la traction animale, la production de la fumure organique par le parcage des bovins et des petits ruminants, la vaine pâture. Le recyclage des résidus de récolte comme fourrage (fanes d'arachide, de voandzou, de niébé, paille de fonio, chaumes de petit mil) en saison sèche n'est pas bien développé (tableau 26).
Les exploitations de Siguiné cultivent deux types de champs: - les champs de case sur les sols limoneux, - les champs de brousse sur le sable. La jachère intervient dans le système pour les deux types de champs, mais la durée de la jachère est plus longue sur les champs de brousse environ 15 ans.

La fumure organique est apportée sur le petit mil/niébé dans les champs de case. La quantité produite est insuffisante pour couvrir toutes les parcelles de mil/niébé et la qualité est comparable à celle de Dilaba.

Il n'y a pas de différence entre les exploitations du point de vue technique de production de la fumure organique. seulement la classe III ne pratiquent pas de parcage de bovins.

B. Caractéristiques des exploitations suivies

Les exploitations de la classe I ont plus de terres et de jachères. Toutes les exploitations travaillent avec la charrue, ce qui est nécessaire au vue des superficies emblavées même pour la classe III.
Le pourcentage des terres cultivées en petit mil est moins élevé pour la classe III avec 76%. Cependant elle cultive 5% de sa superficie en fonio et maïs contre 1 à 1,5% pour les deux autres classes, probablement pour pouvoir couvrir la période de soudure. Le pourcentage en céréales pour chaque classe est environ 82-83%.

Tableau 25. Caractéristiques des exploitations à Siguine, 1995 et 1996.

Classe	Nbre de bovins	Nbre petit ruminants	Nbre B. labour	Nbre de charrettes	Nbre d'actif	bovins/ha	ha/actif	ha/BL
I n=4	37,8	22,5	11,5	1,5	17,3	0,8	2,6	4
II n=4	7,8	11,5	4,8	1,8	10,8	0,3	2,7	6
iII n=4	2	6	1,5	1	5,3	0,1	2,8	9,9

Classe	Superficie (ha)	Petit mil (ha)	Fonio (ha)	Maïs (Ha)	Arachide (ha)	Niébé (ha)	Voandzou (ha)	Jachère (ha)
I n=4	45,6	37,5	0,4	0,1	0,2	7,1	0,4	41,3
II n=4	28,8	23,5	0,2	0,3	0	4,7	0,3	7,3
III n=4	14,9	11,4	0,5	0,3	0,1	2,3	0,2	7,1

n = nombre d'exploitations; nbre= nombre; BL= boeufs de labour.

C. Indicateurs de performance

Les indicateurs de la gestion de fertilité pour l'ensemble du système, champs de case et champs de brousse figurent aux tableaux 26 et 27.

Tableau 26. Indicateurs de performance pour les trois classes d'exploitations à Siguiné, 1996 en kg/ha.

	Classe I	Classe II	Classe III
Fumures minérales (IN1)			
Champs de case			
*total	0,5	0	0,4
*sur petit mil	0	0	0,5
Fumures organiques (IN2)			
1. ordures ménagères			
* total	10	224	100
* sur petit mil (pur/ass.)	13	281	136
2. compost			
*total	12	0	0
* sur petit mil	15	0	0
3. crottins p.r [1]			
* total	14	175	103
* sur petit mil	16	216	138
4. bouse par parcage de nuit[2]/			
* total	760	407	0
* sur petit mil	890	530	0
Productions (OUT2)			
Champs de case			
* petit mil	594	556	564
* fonio	38	93	54
* arachide	38	0	0
* voandzou	50	550	50
Champs de brousse			
* petit mil	1064	690	886
* fonio	75	333	80
* arachide	88	0	171
* voandzou	243	33	145
Résidus de récolte (OUT1)			

Champs de case			
1. Total			
* VP	670	690	62
* fourrage	23	17	48
* cendre	433	294	310
* brûlis	0	0	36
* termites'	663	655	560
2. Petit mil			
* VP	790	802	785
* fourrage	0	0	48
* cendre	523	365	406
* brûlis	0	0	44
Champs de brousse			
1. Total			
* VP	1445	975	1256
* fourrage	220	0	32
* cendre	122	90	68
* brûlis	513	280	568
* termites 4	810	695	593
2. Petit mil			
* VP	1778	1167	1557
* fourrage	225	0	18
* cendre	148	107	84
* brûlis	623	337	740
N	4	4	4

1: Fèces des petits ruminants; 2: Formule: 3 kg/jr*No. UBT de l'exploitation agricole*.
3: Estimations de résidus transformés par les termites sont donnés à titre indicatif, il ne s'agit pas d'une sortie de la parcelle (OUT)

Les résultats du tableau 26 montrent que la production de la fumure organique est faible et elle est appliquée sur les parcelles des champs de case. Les exploitations de la classe II produisent plus de fumure que celles de la classe I par UBT (tableau 27) et apportent plus sur le petit petit mil. La différence de production de fumure est impressionnant entre la classe I et II. Le nombre d'animaux est 5 fois plus élevé pour la classe I. Les troupeaux de la classe I autre que le parcage en saison sèche dans les parcelles de culture, ne sont pas utilisés pour la production de la fumure organique.
Les rendements de la classe I sont un peu plus élevés que les autres deux, mais ce sont les champs de brousse qui créent cette différence. La classe I a plus de possibilités de jachère, ce qui peut expliquer les meilleurs rendement dans les champs de brousse.

Tableau 27. Indicateurs de la gestion de la fertilité, 1996.

Classe	poudrette/ UBT	Fumure organique/ha			kg ordures /actif	Rendement P.mil kg/ha	Rendem./ actif
		crottins	poudrette	ordures			
I (n=4)	324	5	360	3	17	833	48
II (n=4)	964	93	135	79	127	648	60
III (n=4)	283	45	0	54	158	678	129

P. mil = Petit mil.

Le recyclage des résidus de récolte est peu développé. Il y a la vaine pâture et l'utilisation des cendres pour produire de la potasse. La plupart des chaumes de petit mil qui entre

dans la production de la potasse est fournit par les champs de case. Cela s'explique par le faite que ces champs sont proches des concessions. Une quantité des chaumes de mil est brulé aussi dans les champs de brousse surtout au moment des labours. On remarque aussi que la classe I et III utilisent plus de chaumes de petit mil des champs de brousse comme fourrage, tandis que les chaumes des champs de case restent sur place à cause des animaux (tableau 26).

D. Les flux et bilans partiels des nutriments

Le bilan des éléments est négatif pour les 3 classes d'exploitations, mais plus encore pour la classe III à cause de la faible fertilisation des champs de case. Les exploitations des classes I et II apportent presque les mêmes quantités d'éléments nutritifs et la classe III n'apporte quasiment rien. Les rendements en 1996 sont dans le même ordre de grandeur: classe 1, 600 kg/ha et classe II et III, 560 kg/ha. Les quantités de fumures épandues ne semblent pas avoir une influence sur les rendements. La pluviométrie joue un rôle très important.

Tableau 28. Bilan des éléments nutritifs par hectare de champs de case pour les 3 classes d'exploitation à Siguiné, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F.minérale									
Compl. céréale	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
Urée	0,1			0			0		
DAP	0	0		0	0		0,1	0,1	
IN 2 F.organique									
Poudrette	9,2	1,5	11,7	4,9	0,8	6,3	0	0	0
Compost	0,1	0,0	0,2	0	0	0	0	0	0
Ordures	0,1	0,0	0,1	1,2	0,3	1,5	0,5	0,1	0,7
Fumier P.R.	0,2	0,1	0,2	2,6	0,6	2,3	1,6	0,4	1,4
Total Fumure	9,7	1,6	12,2	8,7	1,7	10,1	2,2	0,6	2,1
OUT 1 Graine	9,3	1,6	2,4	8,7	1,4	2,3	8,2	1,4	2,1
OUT 2 V.pâture	4,7	0,6	13,9	5,1	0,5	13,7	4,4	0,6	12,8
Fourrage	0,3	0,0	0,4	0,2	0,0	0,2	0,5	0,1	0,9
Cendre	3,0	0,4	9,1	2,1	0,3	6,1	2,2	0,3	6,5
Brûlis	0			0			0,3		
Total	17,3	2,6	25,8	16,1	2,2	22,3	15,6	2,4	22,3
Bilan par ha	-7,6	-1	-13,6	-7,4	-0,5	-12,2	-13,4	-1,8	-20,2

Tableau 29. Bilan des éléments nutritifs par hectare de petit mil des champs de case pour les 3 classes d'exploitation à Siguiné, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale									
Compl. céréale	0,1	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0
Urée	0,1			0			0		
DAP	0			0	0		0,1	0,1	
IN 2 F.organique									
Poudrette	10,8	1,8	13,7	6,4	1,1	8,2	0	0	0
Compost	0,1	0,0	0,2	0	0	0	0	0	0
Ordures	0,1	0,0	0,1	1,5	0,4	2,0	0,7	0,2	1,0
Fumier P.R.	0,2	0,1	0,2	3,2	0,6	2,8	2,0	0,4	1,8
Total Fumure	11,4	1,9	14,2	11,1	2,1	13	2,8	0,7	2,8
OUT 1 Graine	11,0	1,8	2,9	10,3	1,7	2,7	10,4	1,8	2,7
OUT 2 V.pâture	5,5	0,7	16,5	5,6	0,7	16,8	5,5	0,7	16,5
Fourrage	0	0	0	0	0	0	0,3	0,04	1,0
Cendre	3,6	0,5	10,9	2,6	0,3	7,6	2,8	0,4	8,5
Brûlis	0			0			0,3		
Total	20,1	3	30,3	18,5	2,7	27,1	19,3	2,9	28,7
Bilan/ ha petit mil	-8,7	-1,1	-16,1	-7,5	-0,6	-14,1	-16,5	-2,2	-25,9

Tableau 30. Bilan des éléments nutritifs par hectare de champs de brousse pour les 3 classes d'exploitation à Siguiné, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F.minérale									
IN 2 F.organique									
OUT 1 Graine	16,1	2,7	4,2	10,6	1,8	2,8	13,3	2,2	3,4
OUT 2 V.pâture	10,3	1,3	29,7	6,8	0,9	20,2	9,0	1,1	25,7
Fourrage	2,0	0,2	4,3	0	0	0	0,3	0,0	0,6
Cendre	0,9	0,1	2,6	0,6	0,1	1,9	0,5	0,1	1,4
Brûlis	3,6			2,0			4,0		
Total	32,9	4,3	40,8	20	2,7	24,9	27,1	3,4	31,1
Bilan par ha	-32,9	-4,3	-40,8	-20	-2,7	-24,9	-27,1	-3,4	-31,1

Les champs de brousse ne reçoivent aucun apport de fumure. Il y a seulement la vaine pâture qui peut éventuellement laisser quelques nutriments sur les champs; en ce moment l'exportation des éléments nutritifs se fait par le canal du rendement. Les champs de la classe I perdent plus d'éléments car le rendement est plus élevé (tableau 26) et tableau 30 et 31.

Tableau 31. Bilan des éléments nutritifs par ha de petit mil de champs de brousse pour les 3 classes d'exploitation à Siguiné, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 F. minérale IN 2 F.organique									
OUT 1 Graine	19,7	3,3	5,1	12,8	2,1	3,3	16,4	2,8	4,3
OUT 2 V.pâture	12,4	1,6	37,1	8,2	1,1	24,4	10,9	1,4	32,5
Fourrage	1,6	0,2	4,7	0	0	0	0,1	0,02	0,4
Cendre	1,0	0,1	3,1	0,8	0,1	2,2	0,6	0,1	1,8
Brûlis	4,4			2,4			5,2		
Total	39,1	5,2	50,0	24,2	3,3	29,9	33,2	4,3	39
Bilan/ha petit mil	-38,1	-5,2	-50	-24,2	-3,3	-29,9	-33,2	-4,3	-39

3.4 TISSANA

A. Description du système de production

Le système de culture est à base du riz irrigué et intensif à cause de l'irrigation contrôlée et des techniques culturales comme le repiquage. C'est la monoculture du riz. Une portion des parcelles reçoit 2 cultures de riz par année, juin-décembre et février-juin. Le maraîchage se fait sur des sites aménagés à cet effet et depuis 4 ans sur une partie des parcelles de riz. Les exploitants pensent que le riz profite des apports de la fumure organique apportée sur l'échalote et tomate cultivés en contre saison. Le maraîchage n'a pas été pris en compte dans l'analyse du système et du calcul des bilans partiels.

L'utilisation d'engrais chimique est intense et de façon générale les exploitations ont tendance d'apporter plus d'engrais que recommandé.

L'intégration de l'agriculture-élevage est visible à travers: le stockage des résidus de riz (paille et son) comme fourrage pour les boeufs de labour, les ânes, et les ovins d'embouche en saison sèche; la traction animale; la production de fumure organique et la vaine de pâture.

Il n'y a pas de différence entre les exploitations du point de vue technique de production de la fumure organique. Les ordures ménagères sont communes à toutes les classes. Le compostage est peu pratiqué. Le fumier bovin est obtenu à partir de la stabulation des boeufs de labour dans un parc bovin de l'exploitation ou des parc bovins peuhls qui sont juste hors de la zone irriguée.

B. Caractéristiques des exploitations suivies

La classe I a plus de superficie de riz et plus d'actifs, mais le nombre de boeufs de labour et de charrettes ne diffèrent guère de la classe II. La classe III est visiblement le moins équipé.

Tableau 32. Caractéristiques des exploitations de Tissana.

Classe	Riz (ha)	Nbre de bovins	Nbre petit ruminants	Nbre B. labour	Nbre de charrettes	Nbre d'actif	bovins/ha	ha/actif	ha/BL
I (n=8)	6,7	13,3	1	4,3	1,4	11	2	0,6	1,6
II (n=7)	4,3	12,5	1,4	4,0	1,7	9,7	3	0,4	1,1
III(n=5)	1,6	3,2	1,8	1,4	0,8	3,6	2	0,4	1,1

La production du riz par actif (tableau 34) montre que les exploitations de la classe I produisent plus et justifie la classification paysanne en tant que telle.

C. Indicateurs de performance

Les exploitations de la classe II sur-dosent le plus, mais en réalité les doses appliquées par classe diffèrent peu. La fumure organique apportée par ha de riz est plus importante chez les classes II et III, mais en générale la quantité de fumure organique utilisé sur le riz est relativement faible. Cela est due à la forte utilisation de l'engrais chimique et de fait que la fumure organique est plutôt destinée aux cultures maraîchères.
Les rendements des différents classes ne diffèrent pas beaucoup, mais la variabilité inter-annuelle est considérable (tableau 33).

Le brûlis de la paille a diminué de 1995 à 1996. Cela n'a pas été traduit à un meilleur recyclage des résidus. L'enfouissement de la paille a augmenté chez la classe I et III, mais l'utilisation comme fourrage a diminué. La part due à la vaine pâture est très élevée et une partie de cela devrait être attribuée aux activités des termites ou à l'enfouissement des résidus de récolte.

Tableau 33. Indicateurs de performance pour les trois classes d'exploitations à Tissana, 1995 et 1996 en kg par hectare.

1995	Classe I	Classe II	Classe III	1996	Classe 1	Classe 2	Classe 3
* Sur riz							
Fumures minérales (IN1)							
* urée	215	219	231		194	209	204
* DAP	104	127	103		100	103	88
Fumures organiques (IN2)							
3. fumure	226	560	620		150	298	250
Productions (OUT1)							
* Riz	4900	5000	4400		3600	3300	3300
Résidus de récolte (OUT2)[1]							
Pour RIZ							
* VP (en %)	73	59	70		70	80	76
* fourrage (en %)	9	16	13		5	14	10
* brûlis (en %)	16	17	11		10	0	3
* enfouiss. (en %)	2	8	6		15	7	11
N	8	7	5				

1: en pourcentage de la quantité de la paille de riz produite.

Tableau 34. Indicateurs de gestion de la fertilité du sol à Tissana pour le riz, 1995 et 1996.

Classe	kg poudrette/UBT		kg fumure par actif		kg riz/actif[1]
	1995	1996	1995	1996	
I (n=8)	127	59	137	92	2600
II (n=7)	213	96	248	128	1800
III (n=5)	354	222	276	111	1700

1: La production moyenne du riz 1995 et 1996 par actif.

La production de fumure par actif est variable par classe et par année. La classe III semble être la meilleure productrice, sauf pour 1996 ou les différences sont minimes. L'utilisation de la poudrette de parc par UBT est le plus élevée pour la classe III.

D. Les flux et bilans partiels des nutriments

Les bilans partiels du riz sont positifs, sauf pour la potasse. Les éventuelles pertes d'éléments des engrais chimiques n'ont pas été prises en compte. Mais il ne s'agit pas de présenter un bilan parfait, mais plutôt des dégager des tendances. La gestion des paysans semblent être bonne actuellement.

Tableau 35. Bilan des éléments nutritifs par ha de riz pour les 3 classes d'exploitations à Tissana, 1995.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 Fumure minérale:									
Urée	98,7			101			106		
DAP	18,6	21,7		22,9	26,7		18,5	21,7	
Total F. minérale	117,3	21,7		123,9	26,7		124,5	21,7	
IN 2 Fumure Organique									
Poudrette	2,2	0,5	2,9	5,6	1,1	7,3	6,2	1,3	8,1
Total Fumure	119,5	22,3	2,9	129,5	27,8	7,3	130,7	23	8,1
OUT 1 Graine	57	9,8	19,1	58,3	10	19,6	51,5	8,9	17,3
OUT 2 Vaine pâture	26,7	4,7	81,3	22	3,9	67,2	23	4,1	70,4
Fourrage	3,3	0,6	10	6	1,1	18,2	4,3	0,8	13,1
Brûlis	5,8			6,3			3,6		
Total	92,8	15,1	110,4	92,6	15	105	82,4	13,8	100,8
Bilan/ha riz	+26,7	+ 7,2	-107,5	+36,9	+12,8	-97,7	48,3	9,2	92,7

Tableau 36. Bilan des éléments nutritifs par ha de riz pour les 3 classes d'exploitations à Tissana, 1996.

Facteur IN/OUT	Classe I			Classe II			Classe III		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
IN 1 Fumure minérale:									
Urée	89			96,3			93,4		
DAP	18	21		18,5	21,6		15,9	18,4	
Total F. minérale	107	21		114,8	21,6		109,3	18,4	
IN 2 Fumure Organique									
Poudrette	1,5	0,3	2,0	14,1	2,6	18,4	2,5	0,5	3,3
Total Fumure	108,5	21,3	2,0	128,9	24,2	18,4	111,8	18,9	3,3
OUT 1 Graine	42,2	7,2	14,2	37,7	6,5	12,7	38,4	6,6	12,9
OUT 2 Vaine pâture	19	3,4	57,8	19,4	3,4	73,8	18,8	3,3	57,1
Fourrage	1,4	0,2	4,1	3,4	0,6	10,3	2,4	0,4	7,5
Brûlis	2,7			0			0,8		
Total	65,3	10,8	76,1	60,5	10,5	96,8	60,4	10,3	77,5
Bilan/ha riz	+43,2	+10,5	-74,1	+68,4	+13,7	-78,4	+51,4	+8,6	-74,2

4. CONCLUSION

Le riz et le coton à Tissana et M'Péresso ont des bilans positifs, à cause de l'utilisation des engrais. Par contre celui du petit mil à Dilaba et à Siguiné est négatif, parce qu'il n'y a pas d'apport d'engrais minéraux et la quantité de fumure organique apportée ne couvre pas les besoins en éléments nutritifs. Dans ces deux villages l'utilisation d'engrais chimiques comporte des risques financiers, car la rentabilité n'est pas garantie à cause de la pluviométrie aléatoire et le prix relativement faible à la vente du petit mil. Cependant, les résultats obtenus dans les 4 villages montrent que la présence d'une culture de rente dans la rotation est souhaitable du point de vue gestion de la fertilité des sols.

Les bilans partiels du petit mil sont très négatifs pour les exploitations de la classe I à M'Péresso et à Siguiné dans les champs de brousse.

Les différents bilans des quatre villages montrent que la classe I ne gèrent pas mieux les éléments nutritifs par unité de surface que les deux autres. Leurs bilan partiels ne sont pas meilleurs que ceux des classes II et III. A Dilaba les bilans des trois classes sont bien comparables. A M'Péresso la classe I a des bilans de maïs et de petit mil plus négatifs que la classe II et III. En prenant les deux années ensemble pour le coton les bilans des trois classes s'approchent. A Tissana les bilans de riz des classes II et III sont plus positifs par rapport au bilan de la classe I.

A Tissana l'apport des engrais minéraux est le plus élevé par rapport aux autres villages à cause de la maîtrise de l'eau. La technique de repiquage, avec l'utilisation des variétés de riz à courte paille permettent aux paysans d'utiliser et de rentabiliser les fortes doses d'engrais chimiques.

L'intensité du système de culture se traduit aussi par la superficie cultivée par exploitation. A Tissana les superficies cultivées sont les moins élevées tandis qu'à Siguiné elles sont les plus élevées. M'Péresso occupe une position intermédiaire.

Dans la zone pluviale les rendements du petit mil (à M'Péresso aussi le sorgho) sont les meilleurs à Dilaba, suivi de près par M'Péresso et ils sont moins bons à Siguiné. Cela s'explique partiellement par la plus grande superficie cultivée à Siguiné.
L'irrégularité des pluies dans le Sahel amène toujours des risques d'échec. Ce dernier encourage les producteurs à emblaver beaucoup de superficies là où le disponible existe dans le but d'obtenir une production suffisante. Même à Dilaba où la pluviométrie est un peu plus élevée les risques existent. Les exploitations n'ont plus de choix d'étendre ou de mettre les terres en jachère comme à Siguiné. C'est pour cette raison qu'elles mettent plus d'accent sur l'utilisation de la fumure organique qu'à Siguiné. Egalement le recyclage des résidus de récolte y est plus développé. L'espace étant limité à Dilaba.

C'est à M'Péresso que les exploitations utilisent le plus de fumure organique par hectare sur une culture donnée. Pour le coton, la classe I apporte 3000 kg/ha de fumure organique. La classe II 2000 kg/ha et la classe III 1700 kg/ha. A Dilaba les exploitations apportent la moitié ou sinon moins, comme à Siguiné. L'utilisation de la fumure organique est importante à M'Péresso à cause de son effet positif sur le sol et la culture du coton en diminuant l'effet d'acidification des engrais minéraux. La production totale de fumure organique est le plus élevée à Dilaba. Surtout la classe I qui produit environ 37.000 kg, contre 18.000 à M'Peresso et 12.000 kg à Siguiné. Cependant les superficies de petit mil sont plus élevées que les superficies de coton à M'Péresso ce qui fait que la quantité apportée par hectare de petit mil est plus faible.

A M'Péresso les paysans ont augmenté l'utilisation de la fumure organique sur les cultures, tandis que dans les autres villages les quantités sont restées les mêmes ou ont même diminué.

La production de fumure organique par UBT est environ 300 kg à M'Péresso et Siguiné pour les exploitations de la classe I, 400 kg à Dilaba et < 100 kg à Tissana. La différence entre Tissana et les autres villages est remarquable. L'utilisation des bouses de vaches d'animaux à Tissana peut être beaucoup améliorée encore.

Les exploitations des trois classes pour améliorer leur bilan en phosphore doivent mettre plus d'accent sur l'utilisation du Phosphate naturel de Tilemsi dans les parcs et les compostières.
Vu les exportations élevées de K par la vaine pâture pour les céréales, la réduction du déficit en cet élément nécessite un meilleur recyclage des résidus de récolte.
L'utilisation des résidus comme fourrage et litière ne constituent pas des vrais pertes à cause du faite que le fumier est récupéré par la suite. Les résidus de récolte jouent un rôle très important dans l'amélioration de la production du fumier par animal.

Le mode de conduite des animaux exerce une grande influence sur le bilan des éléments nutritifs dans les systèmes étudiés. Pour parvenir à une gestion durable de chaque système, une intégration des animaux dans les activités agricoles s'avère nécessaire.

La meilleure intégration doit aboutir à une augmentation de la production de fumier par animal.

Le modèle n'est pas un modèle complet, mais a l'avantage d'être relativement simple à utiliser. Le modèle dégage des tendances et les flux montrent le mode d'utilisation des résidus de récolte. En plus il montre l'origine des intrants pour le niveau champ et pour les animaux, s'ils viennent de l'intérieur ou de l'extérieur de l'exploitation.

LITTERATURE

Campbell (1996),

Defoer T, Kanté S, Hilhorst T, de Groote H (1996), Towards more sustainable sil fertility management. Network Paper no. 63 (July). ODI Agricultural Research & Extension Network

Duivenbooden N van (1992), Sustainability in terms of nutrient elements with special reference to West Africa. Report 160. Wageningen, The Netherlands: Centre for Agrobiological Research, CABO-DLO.

Pieri C (1983), Nutrient balances in rainfed farming systems in arid and semi-arid regions. Reprint from: Proc. 17th Coll. Bern, Switserland: Potash Institute. P. 181-209. Montpellier, France: IRAT/GERDAT

Pieri C (1989), Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Montpellier, France: Ministère de la Coopération et du Développement & CIRAD-IRAT.

Pol F van der (1992), Soil mining. An unseen contributor to farm income in Southern Mali. Bulletin no. 325. Amsterdam, The Netherlands: Royal Tropical Institute

Smaling EMA (1993), An ecological framework for integrated nutrient management with special reference to Kenya. PhD thesis University of Wageningen, The Netherlands

Stoorvogel J, Smaling EMA (1993), Assessment of soil nutrient depletion in sub-saharan Africa, 1983-2000. The Winand Staring Centre. Volume I-IV, Wageningen, The Netherlands

Veldkamp W (1996) Notes préparées pour la Guide « Action-oriented Land Use Analysis

ANNEXES

FICHE 2 **INVENTAIRE DES PARCELLES** I

Date de l'Enquête :___/___/___ Enquêteur_____ Campagne 19____

Identification	Nom	Numéro
Village:		
Chef d'Exploitation:		

No Identification		Surface (ha)		Cultures en .....[a]			Cultures en .....[a]			Type de Sol	Dégradation b	Statut c
Champs	Parcelle	Mesuré	Estimé	1ère	2ème	3ème	1ère	2ème	3ème			

a/	b/	d/
cultures en ..... (années): d'abord de la campagne précédente; puis de la campagne actuelle R: riz, O: oignon, T: tomate, Pa: patate douce, M: maïs, P: petit mil, N: niébé, J= jachère + durée en années	0 = non X = oui	1. communal 2. individuel femme 3. individuel homme 4. autre

FICHE 5 **ENTREES DANS LES PARCELLES** II

Date de l'Enquête : ___/___/___ Enquêteur : _____ Campagne .....

Identification	Nom	Numéro
Village		
Chef d'Exploitation		

No Identification		Entrées: SUR LES CULTURES ACTUELLEMENT EN PLACE						
Champs	Parcelle	Article	Origine		Mesuré		% de l'article (F.O.)	% de la parcelle
			Description	No Identif.	Qté	Uté		

a/

Code	article
1	Urée
2	DAP
3	Composé
4	fumier
5	Poudrette
6	Ordures
7	Autre

FICHE 4B SORTIES DES RESIDUS DE RECOLTE DES PARCELLES

Date de l'Enquête :____/____/____ Enquêteur :_____ Campagne 19____

Identification	Nom	Numéro
Village:		
Chef d'Exploitation:		

No Identification		Sorties RESIDUS DE RECOLTE. CAMPAGNE PRECEDENTE							
Champs	Parcelle	Culture	Emploi a/	Destination		Mesuré		Qté estimée (kg) b/	% de la partie c/
				Description	No Identification	Qté	Uté		

b/ emploi	c/ mesuré vrs estimé	d/ % de la partie
1. fourrage stock 2. litière parc 3. vaine pâture 4. cendres 5. termites 6. brûlis	si pas mesuré, la quantité est à estimer = % de la partie x Rdt conventionnel x Nbre ha	L'ensemble des différents emplois pour une culture de la parcelle doit être 100%

IV

FICHE 4A **PRODUCTION: SORTIES DES PARCELLES EN GRAINES/FIBRES/TUBERCULES ETC**

Date de l'Enquête :___/___/___ Enquêteur :_____ Campagne 19___

Identification	Nom	Numéro
Village:		
Chef d'Exploitation:		

No Identification		Sorties GRAINES, FIBRES, TUBERCULES ; CAMPAGNE PRECEDENTE						
Champs	Parcelle	Culture	Destination		Mesuré		Qté estimé(kg)	% de la partie
			Description	No Identification	Qté	Uté		

Céréales, tubercules vers grenier ou marché

V

FICHE 1 STRUCTURE DE L'EXPLOITATION

Date de l'Enquête :___/___/___ Enquêteur_____ Campagne 19____

Village:		
Chef d'Exploitation:		
Personnes présentes à l'entretien		

1 Depuis combien d'années votre exploitation s'est crée?: /_____ /

2 Combien d'actifs y a-t-il présents dans l'exploitation; combien de femmes et combien d'hommes ?

N° Femmes		N° Hommes	

3 Combien de néo-alphabètes y a-t-il présents ? /____/

4 Quel est le niveau de scolarisation maximale des actifs présents?

5 Combien de charrettes avez-vous ? (en bon état?) /_____/

6 Combien d'ânes avez-vous? (en bonne condition?) /_____/

7 Quelle est la fréquence de contact avec les services techniques?

V

FICHE 3 INVENTAIRE DES TROUPEAUX ET D'AUTRES COMPOSANTS DE L'EXPLOITATION

Date de l'Enquête :___/___/___ Enquêteur :_____ Campagne 19...

Identification	Nom	Numéro
Village:		
Chef d'Exploitation:		

Classe	Nombre total	Description	N° Code	Nombre de têtes	Nombre de mois
Bovins		Parc nuit	11		
		champs (Vaine Pâture)	12		
Boeufs de labour		divagation (transhumance)	13		
		pâturage brousse	14		
		parcage sur champ	15		
Petits ruminants			21		///
Autre bétail		volaille	31		///
		âne	32		///
		autre	33		///

Classe	Description	N° Code	Nombre	Sup/vol
Parc	boeufs de labour	41		..... m²
	petits ruminants	42		..... m²
	volaille	43		
	autre	44		
	fosse fumière	51		.....m³
	tas d'ordure	52		.....m²
	compostière village	53		.....m³
	compostière champ	54		.....m³
Brousse	brousse	61	/////	/////
Pertes	brûlis	71	////	////
	termites	72	////	////
Stocks	grenier	81		..... m3
	fourrage	82		..... m3
Marché	commerçants	91	////	////
	autre fournisseurs	92	////	////
	autre acheteurs	93	////	////
		94		