



Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agrosylvopastoraux : le cas du Mali-Sud

Mélanie Blanchard, Doubangolo Coulibaly, Alassane Ba, Fagaye Sissoko, René
Poccard-Chappuis

► **To cite this version:**

Mélanie Blanchard, Doubangolo Coulibaly, Alassane Ba, Fagaye Sissoko, René Poccard-Chappuis. Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agrosylvopastoraux : le cas du Mali-Sud. Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H B. Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ?, Nov 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Cirad, 12 p., 2012, Colloques. <hal-00718658>

HAL Id: hal-00718658

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00718658>

Submitted on 17 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agrosylvopastoraux : le cas du Mali-Sud

Mélanie BLANCHARD*, Doubangolo COULIBALY**, Alassane BA**, Fagaye SISSOKO**, René POCCARD-CHAPPUIS***.

*CIRAD, UMR Innovation, F-34398 Montpellier, France

**IER, Institut d'économie rurale, Sikasso, Mali

***CIRAD, UMR SELMET, Belém, Brésil

CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France

Résumé — Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agro-sylvopastoraux : le cas du Mali-Sud. En Afrique de l'Ouest, la baisse de fertilité des sols et la diminution du disponible fourrager entraînent des problèmes de productivité et de durabilité des systèmes agropastoraux. Elles posent la question de l'intensification et de la préservation des ressources naturelles. Nous cherchons à montrer que certaines pratiques d'intégration agriculture-élevage créent des systèmes plus productifs et plus durables. Nous avons enquêté et suivi 150 exploitations de 10 villages du Mali-Sud, sur la structure de l'exploitation, les pratiques d'intégration agriculture-élevage et les performances agronomiques. La diversité des pratiques d'intégration agriculture-élevage est évaluée par des analyses multivariées et de variance. 3 types d'exploitation ont été mis en évidence chez les agriculteurs (9-14 ha et 6-19 UBT) et 3 types chez les agro-éleveurs (17-30 ha et 32-57 UBT). Les agriculteurs qui intègrent les deux activités produisent de la fumure organique et stockent du fourrage alors que les agro-éleveurs, en plus, mettent en place des cultures fourragères. L'intégration agriculture-élevage est développée par les agriculteurs les plus modestes ou les grandes exploitations d'agro-éleveurs. Les agriculteurs qui intensifient par le capital, le travail et les intrants ont de meilleures performances agronomiques alors que les agro-éleveurs qui intensifient le plus ne sont pas les plus productifs. Quelque soit le type d'exploitation, l'intégration agriculture-élevage améliore les performances agronomiques. Des études complémentaires sur les impacts de ces pratiques sur l'environnement et le domaine social seraient nécessaires pour appréhender leur contribution aux processus d'intensification écologique.

Introduction

Au Mali Sud, dès les années 1990, des auteurs ont identifié une baisse de la fertilité des sols et alerté les acteurs des filières agricoles (Pieri, 1989 ; Bationo et Mokwunye, 1991 ; van der Pol, 1992). Le renouvellement de la fertilité des sols par la jachère de longue durée était devenu impossible avec l'augmentation de l'emprise agricole. Les terres agricoles étaient alors mises en culture continue impliquant un recours aux engrais minéraux et à la fumure organique (Gigou, *et al.*, 2004). Ce changement agraire était très marqué au nord de la zone, laissant des marges résiduelles d'expansion des champs au sud (Poccard-Chapuis *et al.*, 2007).

Le cheptel bovin a fortement augmenté au cours de la même période (Bosma *et al.*, 1996). La diminution du disponible fourrager consécutive à une dégradation progressive des pâturages (baisse de fertilité, pluviométrie, charge élevée...) contraint les propriétaires d'envoyer leurs animaux en transhumance, voire à les délocaliser (Bremant et Sissoko, 1998).

Il est difficile d'envisager une extension des surfaces cultivées et une croissance des troupeaux au-delà de leur niveau actuel. Les productions agricoles doivent pourtant nourrir la population grandissante et fournir des revenus aux populations rurales. Le défi de la recherche reste l'augmentation des productions agricoles pour satisfaire les besoins de la population, tout en assurant une gestion rationnelle des

ressources naturelles. L'intégration agriculture-élevage a été proposée dès les années 90 pour intensifier les systèmes de production grâce aux trépièdes vertueux de la traction animale (travail du sol à la charrue), la production de fumure organique (étable fumièrre, parc amélioré) et de fourrage (stockage de résidus de culture, culture fourragère) (Dugué 1989 ; Landais et Lhoste, 1990). Aujourd'hui, dans la zone Mali-Sud, certaines exploitations ont développé des pratiques d'intégration agriculture-élevage (Kanté, 2001 ; Sanogo *et al.*, 2010) que nous proposons d'analyser.

Le concept d'intensification écologique propose d'inventer des systèmes plus productifs et plus durables (Griffon, 2009). Nous posons comme hypothèse que les pratiques d'intégration agriculture-élevage permettent d'augmenter la productivité et d'améliorer la durabilité des systèmes de production. Nous proposons d'analyser la contribution de ces pratiques aux processus d'intensification écologique et d'apporter un éclairage sur les conditions techniques, économiques et sociales nécessaires à leur développement.

L'objectif de l'article est d'identifier les pratiques d'intégration agriculture-élevage qui permettraient d'améliorer la productivité et la durabilité des systèmes de production et ainsi de contribuer au développement de l'intensification écologique dans les systèmes agropastoraux du Mali-Sud.

En résultat, nous présenterons les grands types d'exploitations selon leur structure. Puis, nous décrirons la diversité des pratiques d'intégration agriculture-élevage pour chaque type d'exploitation et du lien entre ces pratiques et l'intensification des systèmes de production. Enfin nous discuterons de la contribution des pratiques d'intégration agriculture-élevage des exploitations à la productivité, à la durabilité et aux processus d'intensification écologique. Nous concluons sur l'importance des pratiques d'intégration agriculture-élevage dans les exploitations au Mali Sud.

Matériel et méthode

Pour analyser la contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique nous utilisons les méthodes d'analyse systémiques des exploitations (Jouve, 1992). Après avoir présenté les concepts mobilisés, nous présenterons l'échantillon d'exploitations et la méthode de collecte et d'analyse de données utilisés.

Concepts mobilisés

L'intégration agriculture-élevage est un modèle agronomique proposé par les agronomes pour intensifier les systèmes agricole et d'élevage. Il propose d'utiliser les sous-produits fournis par l'un des systèmes comme intrants pour l'autre système. Il s'appuie sur l'utilisation de la traction animale, la production de fumure organique et celle de fourrage (Landais et Lhoste, 1990). Pour caractériser l'intégration agriculture-élevage, 9 indicateurs ont été utilisés :

- la traction animale : nombre de bœuf de trait par hectare cultivé ;
- la production de la fumure organique : part de la fumure organique issue du parc amélioré, du parc simple, de la fosse fumièrre et de la fosse à compost, quantité produite par animal ;
- sur la production de fourrage : quantité de fourrage stocké rapportée au nombre de bœufs de trait, part des fanes de légumineuse, surface en culture fourragère rapportée à la surface cultivée.

La productivité représente la production agricole rapportée aux facteurs de production investis : productivité du travail (production rapportée au nombre d'actif), productivité de la terre (les rendements en coton, maïs et sorgho), et taux d'exploitation des troupeaux (nombre d'animaux vendus moins le nombre d'animaux achetés rapporté à la taille du troupeau)

L'intensification correspond au niveau d'utilisation des facteurs de productions par unité de surface cultivée ou par animaux (Couty, 1991 ; Dugué, 1989). Cinq indicateurs sont utilisés : surface cultivée rapportée à la surface disponible, nombre d'actif, équipement en capital, quantité d'engrais rapportée à l'hectare cultivé, et quantité d'aliment bétail rapportée au nombre d'animaux.

La durabilité se définit à travers les 3 pôles du développement durable : économie, social et environnement. Une exploitation agricole est durable si elle est « viable, vivable, transmissible et reproductible » (Landais, 1998). Une agriculture est durable si elle est « écologiquement saine, économiquement viable, socialement juste et humaine » (Francis et Youngberg, 1990 in Bonny 1994). Evaluer la durabilité d'une exploitation est donc délicat car il faut disposer d'indicateurs économiques

(autonomie financière, spécialisation et viabilité économique, ...), sociaux (pénibilité du travail, création d'emploi, toxicité, ...) et environnementaux (fertilisation, pesticides, protection des sols, gestion de l'eau, paysage, biodiversité, énergie, ...) (Vilain, 2008). Dans ce travail, ne disposant pas de tels indicateurs, l'évaluation de la durabilité des exploitations est difficile mais il est possible de discuter de la contribution de l'intégration agriculture-élevage à la durabilité à travers la fertilisation et la gestion de la fumure organique, le travail, le capital mobilisé et les productions.

L'intensification écologique peut être défini comme une intensification des systèmes de production permettant une augmentation des rendements et une protection de l'environnement et des ressources par le renforcement du recours aux processus écologiques (Chaumet *et al.*, 2009 ; Cassman, 1999). Griffon (2006) appelle à une « révolution doublement verte » où l'agronomie inventerait une agriculture plus productive et plus durable en s'associant à l'écologie et à des politiques d'accompagnement. Les grands principes de l'intensification écologique sont une utilisation raisonnée des intrants (engrais, pesticides, aliment bétail...) et le renforcement des processus écologiques, avec entre autre une « gestion naturelle de la fertilité des sols » (mobilisation de la matière organique, ...) et une « gestion intégrée des cycles biogéochimiques » (Chaumet *et al.*, 2009). Evaluer le niveau d'intensification écologique des exploitations nécessite donc de coupler l'analyse d'indicateurs de productivité et de durabilité.

Echantillonnage des exploitations

Après un recensement exhaustif des exploitations de 10 villages de la zone Mali-Sud¹, nous avons raisonné un échantillon de 15 exploitations par village (150 exploitations) représentant la diversité des exploitations (Poccard-Chapuis *et al.*, 2007).

Collecte des données

Les chefs d'exploitation ont été enquêtés sur la structure de leur exploitation, leurs pratiques d'intégration agriculture-élevage et leurs performances agricoles et d'élevage.

Les enquêtes ont été complétées par un suivi de toutes les exploitations (mai 2006 à juin 2007) pour quantifier les flux de résidus de culture et de déjections animales et le niveau de productions : mesures du stock de fourrage, de la production de fumure organique (compost, parc amélioré, parc simple, fumier en fosse, ordures ménagères) et des productions agricoles à la récolte.

Analyse des données

Identification des types d'exploitations

Des analyses multivariées sous Xlstat composées d'une analyse en composante principale (ACP) suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) ont permis de distinguer des types d'exploitations à partir de leur structure. Les variables retenues pour ces analyses étaient : la surface totale cultivée (STC), le nombre d'animaux (unité bovin tropical, UBT), le nombre de bœuf de trait (BdT), la part de l'assolement en coton, maïs, sorgho et mil, le nombre d'actif agricole, l'équipement en capital (outils agricoles et moyens de transport en traction animale ou motorisé) et le nombre de charrette, spécifiant la capacité de transport des exploitations.

Pour comparer des exploitations qui ne cultivent pas les mêmes spéculations, les productions ont été converties en valeur monétaire à partir d'un prix moyen obtenu sur le marché. De même, l'équipement des exploitations a été converti en valeur monétaire à partir de prix moyens pour le matériel fonctionnel sans prendre en compte les amortissements, difficiles à estimer. Un indicateur d'absence des animaux a été utilisé pour décrire le départ en transhumance. Le nombre d'UBT multiplié par le nombre de jour d'absence indique l'ampleur de l'absence, les pertes en fumure organique et l'économie réalisée pour l'alimentation des animaux à partir des ressources du village.

1 Biliko, Cercle de Kita, Dafara, Cercle de Kati, Yorontiéna, Cercle de Yanfolila, Bohi, Cercle de Kolondiéba, Diou, Cercle de Kadiolo, Kanouala, Cercle de Bla, Dentiola Cercle de Koutiala, Zanférébougou Cercle de Niéna, Baoufoulala, Cercle de Dioila et Karagouroula, Cercle de Yorosso

Analyse de la diversité des pratiques d'intégration agriculture-élevage

Pour chaque type d'exploitation, une ACP et une CAH sur les indicateurs de l'intégration agriculture-élevage ont permis de distinguer des groupes homogènes d'exploitations mettant en œuvre des pratiques identiques d'intégration agriculture-élevage.

Analyse du niveau de productivité et d'intensification des exploitations

Une analyse de variance (test de Newman-Keuls au seuil de 5%) sur les indicateurs d'intensification et de productivité a permis de distinguer des différences entre les types d'exploitations.

Résultats

Trois grands types d'exploitations de tailles différentes

L'analyse multivariée de la diversité de structure des exploitations permet de distinguer trois types d'exploitations selon leur taille (taille du cheptel, nombre d'actifs et niveau d'équipement) et leur système de culture (place dans l'assolement du maïs, du coton et du sorgho et du mil).

Le 1^e type d'exploitation, les plus nombreux, pratique l'agriculture. Ces agriculteurs ont moins de 2 paires de bœufs de trait, un équipement en traction animal limité et un petit troupeau. Ils cultivent des surfaces réduites principalement en sorgho et en mil. Les autres types d'exploitation sont des agro-éleveurs, pratiquant l'agriculture et l'élevage. Les agro-éleveurs A, très peu nombreux, cultivent de grandes surfaces en maïs et coton. Ils possèdent 4 paires de bœufs de trait et disposent d'un troupeau de bovins important et de beaucoup d'équipement, comprenant tracteurs et véhicules en plus des outils de traction animale. Les agro-éleveurs B cultivent d'avantage de céréales (maïs, sorgho et mil). Ils possèdent 4 paires de bœufs et disposent d'un troupeau de bovins important. Ils sont bien équipés en traction animale, mais ne sont pas motorisés (Tableau 5).

Tableau 5. Grands types d'exploitations.

Variables	Agriculteur	Agro-éleveur A	Agro-éleveur B
Nb	57	4	44
%	54 %	4 %	42 %
STC (ha)	10,3	17,1	20,6
Nb d'UBT (nb)	9,7	49,4	45,8
Nb de BdT (nb)	3,2	8,3	8,1
Nb d'actifs (nb)	12,7	29,9	35,0
Equipement en capital (FCFA)	744 561	6 291 250	1 577 674

nb : nombre

La structure des exploitations implique l'accès à des moyens de productions et à la mise en place de pratiques plus ou moins intensives. Les agriculteurs sont globalement moins intensifs que les agro-éleveurs car ils disposent de moyens de production plus réduits. Cette analyse masque cependant une diversité de pratiques d'intégration agriculture-élevage et de forme d'intensification au sein de chaque type d'exploitation. Notre analyse portera sur les agriculteurs et les agro-éleveurs B, les deux types d'exploitations majoritaires de notre échantillon.

Intégration agriculture-élevage et intensification chez les agriculteurs

Diversité de pratiques d'intégration agriculture-élevage chez les agriculteurs

L'analyse de la diversité des pratiques d'intégration agriculture-élevage chez les agriculteurs permet de distinguer trois types d'exploitations (Figure 3) selon leurs pratiques de production de fumure organique (compost et fumier en fosse, tas d'ordures), le nombre de bœufs de trait par hectare cultivé, la quantité de fumure organique produite par UBT et la quantité de fourrage par bœuf de trait. L'analyse de variance montre (Tableau 6) qu'il y a des différences significatives de structure entre les exploitations.

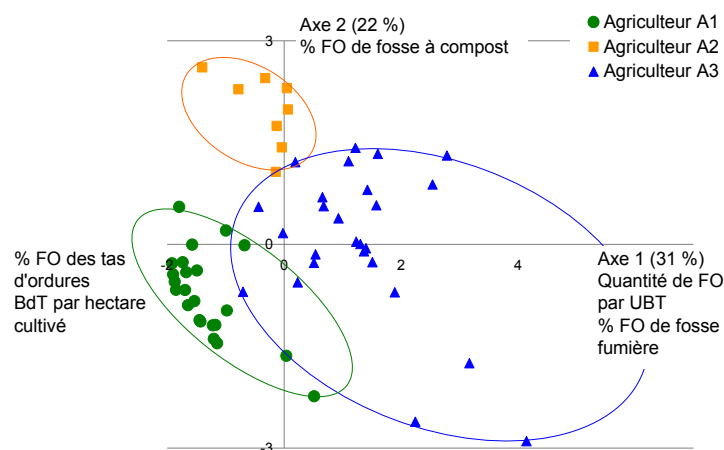


Figure 3. Types d'agriculteurs selon leurs pratiques d'intégration agriculture-élevage variées (FO : fumure organique).

Tableau 6. Intégration agriculture-élevage et intensification chez les agriculteurs.

Types d'exploitation	Agriculteur A1	Agriculteur A2	Agriculteur A3	R ²	P Value
Nb	23	8	26		
%	40 %	14 %	46 %		
Pratiques intégration agriculture-élevage					
BdT/ha (nb/ha)	0,4	0,4	0,3	0,064	
UBT/ha (nb/ha)	1,3	1,3	0,6	0,155	*
Qté de fumure organique (kg)	16 778	37 683	20 014	0,138	*
% issue du tas d'ordures (%)	75%	5%	9%	0,698	***
% issue du parc amélioré (%)	21%	4%	4%	0,171	**
% issue de la fosse à compost (%)	1%	3%	77%	0,814	***
% issue de la fosse à compost (%)	1%	87%	3%	0,929	***
Qté de fumure organique /UBT (kg/UBT)	1 553	1 972	3 392	0,058	
Qté de fourrage stocké (kg)	400	1 650	1 279	0,107	*
Qté de fourrage /BdT (kg/BdT)	133	305	473	0,128	*
% de fanes dans le fourrage (%)	53%	0%	27%	0,123	*
% de STC en culture fourragère (%)	0,0%	0,003%	0,002%	0,047	
Structure des exploitations					
STC (ha)	9,4	14,0	9,9	0,099	*
BdT (nb)	3,0	5,4	2,7	0,215	**
UBT (nb)	10,8	19,1	5,9	0,221	**
Capital Equipement (FCFA)	848 261	1 008 125	571 731	0,109	*
% de STC en coton (%)	33%	29%	28%	0,013	
% de STC en maïs (%)	29%	5%	15%	0,185	**
% de STC en sorgho et mil (%)	28%	59%	52%	0,185	**
Surface en jachère (ha)	0,2	1,1	0,2	0,125	*
Animaux*jours en Transhumance (nb.j)	260,7	1 402,8	63,0	0,127	*
Productions agricole et d'élevage					
Rendement maïs (kg/ha)	1 796,5	811,1	1 443,3	0,095	
Rendement coton (kg/ha)	1 136,3	838,7	935,2	0,035	
Rendement sorgho (kg/ha)	861,0	683,9	702,2	0,024	
Production agricole (FCFA)	1 428 846	1 394 949	1 411 817	0,000	
Productivité du travail (FCFA/actif)	143 863	96 327	167 292	0,01	
Taux d'exploitation du troupeau (su)	0,02	0,06	0,02	0,02	
Forme d'intensification					
STC /ha disponible (su)	0,8	1,0	0,9	0,063	
Actif/ha (nb/ha)	1,5	1,1	1,5	0,023	
Equipement en capital /ha (FCFA/ha)	127 365	73 836	60 753	0,073	
Qté d'engrais NPK /ha (kg/ha)	73,1	64,6	61,6	0,018	
Aliment bétail /BdT (kg/BdT)	37,2	77,2	94,0	0,074	

Qté : quantité ; nb : nombre ; su : sans unité ; Significatif : * < 0,05 ; ** < 0,01 ; *** < 0,001

L'intégration agriculture-élevage chez les agriculteurs concerne la production de fumure organique et le stockage de fourrage. Elle est développée par les agriculteurs les plus modestes.

Les agriculteurs A1 correspondent à de petites exploitations d'agriculteurs orientées vers la culture du maïs. Ils sont propriétaires de 3 bœufs de trait et d'un petit troupeau bovin qui ne part pas en transhumance. Ils disposent d'un peu d'équipement en capital.

Ils intègrent l'agriculture et l'élevage pour la production de la fumure organique et l'affouragement des animaux. La fumure organique est issue de tas d'ordures et de parcs améliorés. La quantité produite par animal reste faible. Le fourrage est stocké en faible quantité, inférieure aux autres types d'agriculteurs, mais avec une part de fanes de légumineuses (arachide, niébé). Rapportée au nombre de bœufs de trait, ce stock reste réduit. Ils ne pratiquent pas la culture fourragère.

Les agriculteurs A2 correspondent aux plus grandes exploitations d'agriculteurs. Le sorgho et le mil représentent une part importante de leur surface cultivée. Ils disposent de jachère, sont propriétaires de 5 bœufs de trait et d'un petit troupeau bovin qui part en transhumance.

Ils intègrent l'agriculture et l'élevage pour l'alimentation des animaux mais peu pour la production de fumure organique. La fumure organique est produite en grande quantité dans des fosses à compost, où les résidus de culture sont transformés sans implication des animaux. Ils stockent une grande quantité de fourrage, qui rapportée au nombre de bœufs de trait est cependant limitée. Ils pratiquent la culture fourragère sur de petite surface.

Les agriculteurs A3 correspondent à de petites exploitations d'agriculteurs disposant de 3 bœufs de trait, d'un petit troupeau bovin qui ne part pas en transhumance et de peu d'équipement. La part de l'assolement en sorgho et mil est importante et ils n'ont pas de jachère.

Ce sont les agriculteurs qui intègrent le plus l'agriculture et l'élevage pour la production de fumure organique et pour l'alimentation des animaux. La fumure organique est produite dans des fosses fumières et la quantité produite par animal est importante. Ils stockent également la plus grande quantité de fourrage (plus d'1/4 de fanes). La quantité de fourrage rapporté aux nombre de bœufs de trait reste la plus importante, vu la taille réduite du cheptel.

Intensification et productivité chez les agriculteurs

Les agriculteurs se distinguent par les formes d'intensification mises en place et leur productivité. L'analyse de variance montre (Tableau 6) qu'il n'y a pas de différences significatives entre les exploitations pour les indicateurs d'intensification ou de productivité, même si elle donne les tendances. Le rapport de la surface cultivée sur la surface disponible est constant chez les types d'agriculteur. Ils ne mettent pas en place des pratiques d'intégration agriculture-élevage différentes quand ils ne disposent pas de terre en jachère ou de réserve foncière.

Chez les agriculteurs, l'intensification par le travail, le capital et les intrants permet d'obtenir les meilleurs niveaux de productivité. L'intégration agriculture-élevage améliore le niveau de productivité.

Les agriculteurs A1 sont les agriculteurs qui intensifient le plus par le travail, l'équipement en capital et les intrants agricoles. Par contre, ils intensifient le moins par les intrants d'élevage (quantité d'aliment bétail achetée par bœuf de trait la plus faible). Ils présentent les meilleurs rendements agricoles et la productivité du travail parmi les plus hautes de tous les types d'exploitation. Ils ont par contre le plus faible taux d'exploitation du troupeau, illustrant leur orientation vers l'agriculture. Ces exploitations de taille réduite qui disposent de moyens de production, intensifient par le travail, le capital et les intrants obtenant les meilleurs rendements malgré une faible intégration agriculture-élevage.

Les agriculteurs A2 disposent du nombre d'actif par hectare le plus réduit. Ils intensifient peu par l'équipement en capital et les intrants agricoles, mais d'avantage par les intrants d'élevage (quantité d'aliment bétail achetée par bœuf de trait la plus importante). Ils présentent les rendements agricoles et la productivité du travail les plus faibles de tous les agriculteurs. Ils ont un taux d'exploitation du troupeau par contre le plus élevé. Ces grandes exploitations intensifient par l'achat d'aliment bétail et intègrent l'agriculture et l'élevage par le stockage de fourrage et la culture fourragère. Ils présentent les moins bonnes performances agronomiques.

Les agriculteurs A3 intensifient le moins par l'équipement en capital et les intrants agricoles, mais investissent le plus par le travail et les intrants d'élevage. Ils présentent des rendements agricoles intermédiaires, la plus haute productivité du travail mais un taux d'exploitation du troupeau le plus faible. Ils disposent de peu de capital et de moyens de production pour intensifier. Ils obtiennent des

performances agronomiques moyennes par l'intégration agriculture-élevage pour la production de fumure organique et l'alimentation des animaux.

Intégration agriculture-élevage et intensification chez les agro-éleveurs

Diversité de pratiques d'intégration agriculture-élevage chez les agro-éleveurs

L'analyse de la diversité des pratiques d'intégration agriculture-élevage chez les agro-éleveurs permet de distinguer trois types d'exploitations (Figure 4) selon leurs pratiques de production de fumure organique (compost et fumier en fosse, tas d'ordures), le nombre de bœufs de trait par hectare, la quantité de fumure organique produite par UBT, la quantité de fourrage par bœuf de trait. L'analyse de variance montre (Tableau 7) qu'il n'y a pas des différences significatives de structure entre les exploitations.

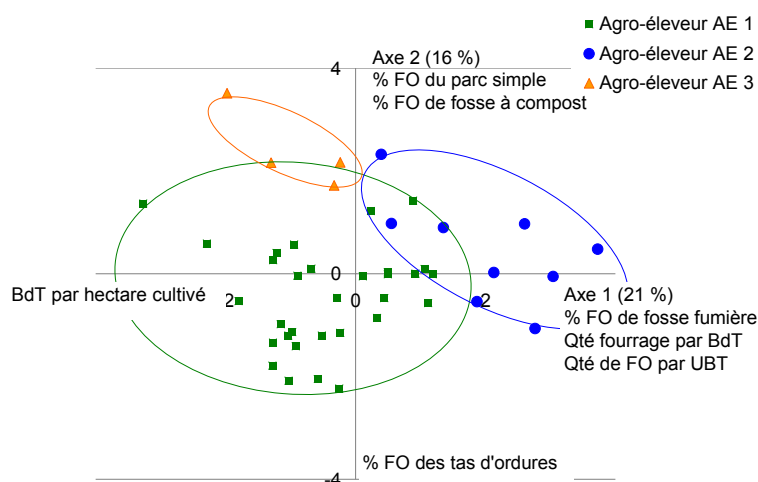


Figure 4. Types d'agro-éleveurs selon leurs pratiques d'intégration agriculture-élevage.

L'intégration agriculture-élevage chez les agro-éleveurs concerne la production de fumure organique, le stockage de fourrage et la culture fourragère. Elle est développée par des exploitations de grandes tailles. L'équipement en capital et l'assolement évolue peu d'un type d'agro-éleveurs à l'autre.

Les agro-éleveurs AE1 mettent en culture les plus petites surfaces mais disposent de nombreux animaux qui partent en transhumance.

L'intégration agriculture-élevage se résume à la production de fumure organique à la concession dans des tas d'ordures, des parcs améliorés et des fosses fumières. Elle engendre d'importants travaux de transport entre les champs et la concession et implique les animaux. La quantité produite par animal est plus faible que chez les autres types d'exploitation due au départ en transhumance des animaux. Le fourrage est stocké en petite quantité. La quantité de fourrage par bœuf de trait reste également faible. Ils ne pratiquent pas la culture fourragère.

Les agro-éleveurs AE2 mettent en culture les plus grandes surfaces mais disposent du plus petit troupeau, maintenu au village. Ils ont le plus petit nombre de bœufs de trait à l'hectare, niveau équivalent de celui des agriculteurs.

Ils intègrent l'agriculture et l'élevage pour la production de fumure organique, le stockage de fourrage et la culture fourragère. La fumure organique est produite en fosse fumière majoritairement, impliquant les animaux. Ils produisent la plus grande quantité par animal, parmi les agro-éleveurs. Ils stockent les plus grandes quantités de fourrage qui ramenées au nombre de bœuf de trait restent importantes. Enfin, ils accordent la plus grande part de l'assolement à la culture fourragère.

Les agro-éleveurs AE3 cultivent des surfaces moyennes mais sont propriétaire du plus grand nombre de bœufs de trait et de bovins d'élevage. Ils disposent de jachère.

Ils intègrent l'agriculture et l'élevage pour la production de fourrage (stockage et culture fourragère) mais la production de fumure organique implique peu les animaux. Ils produisent la fumure organique au champ dans des parcs simples et des fosses à compost engendrant peu de transport. Les résidus de

culture et les déjections animales sont transformés sans intégration agriculture-élevage et la quantité de fumure organique produite par animal est réduite. Ils stockent du fourrage en quantité mais la quantité par bœufs de trait est réduite. La surface en culture fourragère est réduite.

Tableau 7. Intégration agriculture-élevage et intensification chez les agro-éleveurs.

Types d'exploitation	AE 1	AE 2	AE 3	R ²	P Value
Nb	31	9	4		
%	70 %	20 %	9 %		
Intégration agriculture-élevage					
BdT /ha (nb/ha)	0,6	0,3	0,8	0,087	
UBT/ha (nb/ha)	3,1	1,5	3,6	0,056	
Qté de fumure organique (kg)	29 819	49 021	33 931	0,084	
% issue du tas d'ordures (%)	33%	10%	9%	0,114	
% issue parc simple (%)	2%	4%	59%	0,703	***
% issue du parc amélioré (%)	30%	8%	0%	0,165	*
% issue de la fosse fumière (%)	24%	67%	0%	0,276	***
% issue de la fosse à compost (%)	5%	9%	32%	0,195	*
Qté de fumure organique /UBT (kg/UBT)	855,1	3 053,5	538,9	0,368	***
Qté Fourrage stocké (kg)	579,0	3 805,6	2 275,0	0,176	*
Qté de fourrage /BdT (kg/BdT)	92,9	685,0	179,9	0,211	**
% de fanes dans le fourrage (%)	45%	0%	0%	0,156	*
% de STC en culture fourragère (%)	0,002	0,014	0,009	0,174	*
Structure de l'exploitation					
STC (ha)	17,6	30,6	20,8	0,157	*
BdT (nb)	8,0	6,8	12,3	0,091	
UBT (nb)	48,3	32,3	56,7	0,036	
Capital Equipement (FCFA)	1 598 000	1 468 333	1 671 250	0,008	
% de STC en coton (%)	31%	30%	36%	0,007	
% de STC en maïs (%)	23%	20%	26%	0,004	
% de STC en sorgho et mil (%)	40%	47%	32%	0,018	
Surface en jachère (ha)	0,5	0,2	0,7	0,047	
Animaux*jours en Transhumance (nb.j)	4 252,5	0,0	0,0	0,097	
Production agricole et d'élevage					
Rendement maïs (kg/ha)	1 627,6	1 253,9	650,0	0,046	
Rendement coton (kg/ha)	1 130,4	2 094,0	1 190,4	0,098	
Rendement sorgho (kg/ha)	832,1	876,3	574,4	0,037	
Production agricole (FCFA)	2 789 005	3 478 687	2 359 719	0,022	
Productivité du travail (FCFA/actif)	89 032	112 879	76 100	0,027	
Taux d'exploitation du troupeau (su)	0,05	0,13	0,04	0,030	
Forme d'intensification					
STC /ha disponible (su)	0,9	0,9	0,8	0,017	
Actif/ha (nb/ha)	2,6	1,5	2,0	0,061	
Equipement en capital /ha (FCFA/ha)	130 956	65 242	91 713	0,071	
Qté d'engrais NPK /ha (kg/ha)	86,3	55,3	67,6	0,053	
Aliment bétail /BdT (kg/BdT)	80,8	147,2	101,0	0,032	

Qté : quantité ; nb : nombre ; su : sans unité ; Significatif : * < 0,05 ; ** < 0,01 ; *** < 0,001

Intensification et productivité chez les agro-éleveurs

L'analyse de variance montre (Tableau 7) qu'il n'y a pas de différences significatives entre les agro-éleveurs pour les indicateurs d'intensification et de productivité mais elle donne les tendances générales. Il apparaît qu'une forte intensification ne suffit pas pour obtenir les meilleurs niveaux de productivité chez les agro-éleveurs. Elle doit être couplée à forte intégration agriculture-élevage.

Les agro-éleveurs AE1 intensifient le plus par le travail, l'équipement en capital et les intrants agricoles. Ce sont les agro-éleveurs qui investissent le moins dans les intrants d'élevage. Ils obtiennent les meilleurs rendements en maïs et en sorgho, mais les rendements en coton les plus faibles. La productivité du travail est moyenne par rapport aux autres agro-éleveurs et un taux d'exploitation du troupeau faible. La forte intensification par le travail, le capital et les intrants agricoles couplée à une intégration agriculture-élevage pour la production de fumure organique leur permet d'obtenir des performances agronomiques moyennes.

Les agro-éleveurs AE2 intensifient le moins par le travail, l'équipement en capital et les intrants agricoles. Ils investissent le plus dans les intrants d'élevage. Ils obtiennent les meilleurs rendements en coton et en sorgho, des rendements moyens en maïs, la plus haute productivité en travail. Ils ont le plus fort taux d'exploitation du troupeau de tous les types d'exploitations. La faible intensification par le travail, les intrants et le capital mais une forte intégration agriculture-élevage semblent leur permettre d'obtenir des meilleures performances agricoles.

Les agro-éleveurs AE3 présentent un niveau moyen d'intensification par le travail, l'équipement en capital, les intrants agricoles et d'élevage. Ils ont les rendements en coton, maïs et sorgho, la productivité du travail et le taux d'exploitation du troupeau les plus faibles. L'intensification moyenne couplée à une intégration agriculture-élevage limitée semble expliquer les faibles performances agricoles faibles de ces exploitations.

Discussion

Une intégration agriculture-élevage forte au Mali-Sud

Les trois piliers de l'intégration agriculture-élevage sont développés au Mali-Sud, alors qu'ils restent incomplets dans les autres zones agropastorales de l'Afrique de l'Ouest et du Centre.

Au Cameroun, la traction animale sert à la préparation des champs et un peu au transport. La production de fumure organique et la culture fourragère sont peu développées (Dugué *et al.*, 2004).

Au Burkina Faso, les exploitations sont équipées pour le labour mais insuffisamment pour le transport. La fumure organique est produite par des techniques simple (parc simple, fosse fumière et tas d'ordures). Le stockage de résidus de culture se développe alors que la culture fourragère reste au stade expérimental (Vall *et al.*, 2006).

Au Mali-Sud, les exploitations utilisent la traction animale pour le labour, le transport voir le semis. La fumure organique est produite par des techniques variées au-delà de l'étable fumière et du parc amélioré. Le stockage de fourrage est pratiqué par toutes les exploitations et la culture fourragère se développe.

Forme d'intensification

Certaines exploitations intensifient par le travail, le capital et les intrants, atteignant le deuxième stade d'intensification présenté par Couty (1989). Chez les agriculteurs, l'intensification des systèmes de production améliore la productivité alors que chez les agro-éleveurs elle doit être couplée à une intensification agriculture-élevage.

Le modèle des exploitations les plus intensives n'est cependant pas reproductible par toutes les exploitations de la zone. Les agriculteurs A1 ou les agro-éleveurs AE1 ont recours à de fortes doses d'intrants, impliquent de nombreux actifs et disposent d'équipement. La fragmentation des exploitations (Sanogo *et al.*, 2010), la difficulté d'accès aux intrants ou les migrations économiques (Djouara *et al.* 2006) sont des limites au développement de ce modèle d'intensification.

Intégration agriculture-élevage et intensification écologique

L'intégration agriculture-élevage contribue aux processus d'intensification écologique si elle améliore la productivité et la durabilité des systèmes de production. D'après les indicateurs dont nous disposons, elle améliore la productivité globale des exploitations. Les agriculteurs A3 ou les agro-éleveurs AE2 intègrent l'agriculture et l'élevage et malgré un faible recours aux moyens de production, atteignent de bonnes performances économiques. Quelle est la contribution de ces pratiques à la durabilité ?

Le transfert de fertilité par les animaux pâturant à l'extérieur de l'exploitation améliore la fertilité des sols de l'exploitation (Dugué, 1989). Le stockage de fourrage avant le passage des feux de brousse et l'installation de légumineuses comme culture fourragère dans l'assolement ont également un impact positif sur le domaine environnemental. La réduction des doses d'engrais avec l'usage de fumure organique ou de l'achat d'aliment bétail avec le stockage et la production de fourrage limite l'utilisation d'intrants fabriqués et transportés consommateur d'énergie. L'intégration agriculture-élevage participe donc à renforcer la place des processus écologiques par une « gestion naturelle de la fertilité des sols » selon l'expression de Chaumet *et al.*, (2009) et plus généralement la gestion des cycles de nutriments, la place des légumineuses, la couverture des sols... Cependant, son impact sur l'environnement devrait être évalué à l'échelle du système agropastoral, au-delà de l'exploitation en prenant en compte les pressions sur les ressources naturelles et sur un pas de temps long.

L'intégration agriculture-élevage pourrait avoir un effet favorable sur le domaine social (renforcement des échanges entre exploitations, création d'emploi, ...) mais aussi des effets défavorables (augmentation de la charge en travail, nuisance olfactive, exacerbation des conflits pour usage des ressources, ...).

Dans le domaine économique, l'intégration agriculture-élevage permet d'atteindre des niveaux de productivité importants, nous l'avons vu. De plus, la limitation du recours aux intrants doit représenter une réduction des charges intéressantes.

Il apparaît difficile de conclure sur la contribution de l'intégration agriculture-élevage aux processus d'intensification écologique sans disposer des indicateurs nécessaires et d'un travail à l'échelle des systèmes agropastoraux et sur un long pas de temps. Cependant, la production de fumure organique et la culture fourragère contribuent à renforcer les processus écologiques dans les systèmes de production tout en renforçant le niveau de productivité. Elle pourrait contribuer à l'intensification écologique dans les systèmes mixtes.

Développement d'une agriculture durable

Des actions ciblées par types d'exploitations peuvent contribuer au développement d'une agriculture durable. Nous avons vu que l'intensification par le travail, le capital et les intrants améliore les performances agronomiques. L'intégration agriculture-élevage semble être une stratégie pour améliorer leurs performances des petits agriculteurs disposant de peu de moyen de production ou des agro-éleveurs aux grandes exploitations.

Pour les agriculteurs, les actions à privilégier sont la poursuite du développement de la production de fumure organique et l'accès aux équipements et aux intrants. La production de fumure organique paraît essentielle chez les agriculteurs pour améliorer le niveau de productivité même à niveau d'intensification faible. Les exploitations qui disposent de peu d'équipement en capital et ont peu accès aux intrants devraient avoir accès à ces moyens de production pour améliorer leur niveau de productivité. Un système d'engrais à crédit avec un taux privilégié pour les exploitations qui s'engagent à produire de la fumure organique pourrait être un exemple d'action.

Chez les agro-éleveurs, le stockage de fourrage et la culture fourragère sont les pratiques d'intégration agriculture-élevage qui semblent nécessaires pour améliorer le niveau de productivité, comme le présentaient déjà Landais et Lhoste en 1990 ou Dugué *et al.* en 2004. Un tiers des exploitations sont des agro-éleveurs (AE1) aux performances agronomiques moyennes, qui intensifient par le capital et les intrants et produisent de la fumure organique en stockant peu de fourrage et sans culture fourragère. Plusieurs modes de développement des cultures fourragères peuvent contribuer à une agriculture durable : légumineuse, amélioration des parcours, la mise en défend ou l'enclosure. Elle implique un travail à l'échelle des terroirs et des modes de gestion collectives.

Conclusion

L'intégration agriculture-élevage est développée au Mali-Sud, même si elles restent variables selon les exploitations. Elle est mise en œuvre par les exploitations qui disposent de peu de moyens de production ou au contraire par les grandes exploitations. L'intensification par le travail, le capital et les intrants améliore la productivité, surtout si elle est couplée à une forte intégration agriculture-élevage.

La contribution des pratiques d'intégration agriculture-élevage à la productivité, la durabilité et l'intensification écologique n'a pu être qu'abordé. Elles auraient un effet sur le renforcement des processus écologiques par une gestion de la matière organique des sols, des cycles des nutriments, la

place des légumineuses, la couverture des sols... Elles ont un effet bénéfique sur le niveau de productivité. L'étude de leurs impacts sur l'environnement et le domaine social doit cependant être complétée.

Pour développer une agriculture durable, les agriculteurs devraient avoir accès plus facilement aux équipements et aux intrants et cible d'action sur la production de la fumure organique. Pour les agro-éleveurs, les actions devraient concerner le stockage de fourrage et la culture fourragère.

Remerciement

Les auteurs remercient Michel Havard et Hassan Nacro pour leur relecture et conseils sur le texte.

Bibliographie

BATIONO, A., MOKUNYE, A.U., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 29 : 117-125.

BONNY, S., 1994. Les possibilités d'un modèle de développement durable en agriculture : le cas de la France. *Le courrier de l'environnement, INRA*, 23 : 1-15.

BOSMA, R., BENGALY, M., TRAORE, M., ROELED, A., 1996. L'élevage en voie d'intensification. Synthèse de la recherche sur les ruminants dans les exploitations agricoles mixtes au Mali-Sud Institut Royal des Tropiques; Institut d'économie rurale, Amsterdam; Bamako, 202 p.

BREMAN, H., SISSOKO, K., 1998. L'intensification agricole au Sahel, Editions Karthala, 996 p.

CASSMAN, K.G., 1999. Ecological Intensification of cereal production systems : yield potential, soil quality and precision agriculture. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 96 : 5952-5959.

CHAUMET, JM., DELPEUCH, F., DORIN, B., GHERSI, G., HUBERT, B., LE COTTEY, T., PAILLARD, S., PETIT, M., RASTOIN, JL., RONZON, T., TREYER, S., 2009. Agrimonde. Agricultures et alimentations du monde en 2050 : Scénarios et défis pour un développement durable Paris : Inra; Cirad, 34 p.

COUTY, P., 1989. Risque agricole, périls économiques. In Eldin et Milleville, eds, *Le risque en agriculture*, IRD, pp. 561-568.

COUTY, P., 1991. L'agriculture africaine en réserve. Réflexions sur l'innovation et l'intensification agricoles en Afrique tropicale. In : *Cahiers d'études africaines*, 31 (121-122) : 65-81.

DJOUARA, H., BELIERES, J.-F., KEBE, D., 2006. Les exploitations agricoles familiales de la zone cotonnière du Mali face à la baisse des prix du coton-graine. *Cahiers Agricultures*, 15 (1) : 64-71.

DUGUE, P., 1989. Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone Soudano-Sahélienne. Le cas du Yatenga (Burkina Faso). Thèse en Sciences agronomiques, Université de Montpellier, France, 269 p.

DUGUE, P., VALL, E., LECOMTE P., KLEIN, H.D., ROLLIN, D., 2004. Evolution des relations entre l'agriculture et l'élevage dans les savanes d'Afrique de l'ouest et du centre : un nouveau cadre d'analyse pour améliorer les modes d'intervention et favoriser les processus d'innovation. *Oléagineux corps gras lipides*, 11 (4-5) : 268-276.

GIGOU, J., GIRAUDY, F., DOUCOURE, C.O.T., HEALY, S., TRAORE, K., GUINDO, O., 2004. L'âge des champs : un indicateur du passage de la culture itinérante à la culture permanente dans le bassin cotonnier du Mali. *Cahiers Agricultures*, 13 (6) : 467-472.

GRIFFON M., 2009. Pour des agricultures écologiquement intensives. Cotes d'Armor, France, Editions de l'Aube, 110 p.

JOUVE, P., 1992. Le diagnostic du milieu rural de la région à la parcelle. CNEARD, 40p.

KANTE, S., 2001. Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au Mali-Sud. Thèse, Université de Wageningen, Pays Bas, 236 p.

LANDAIS, E., 1998. Agriculture durable : le fondement d'un nouveau contrat social ? *Le courrier de l'environnement, INRA*, 33 : 1-15.

- LANDAIS, E., LHOSTE, P., 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités de terrain. *Cahiers des Sciences Humaines*, 217-235.
- PIERI, C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara., Montpellier, France: CIRAD-IRAT, 448 p.
- POCCARD-CHAPUIS, R., COULIBALY, D., BA, A., SISSOKO, S., BENGALY, M., COULIBALY, J., 2007. Analyse affinée des pratiques et des stratégies paysannes, Rapport technique, Activité 3, PASE-1, IER, Sikasso, 199 p.
- SANOOGO, O., RIDDER, N. KEULEN, H. VAN, 2010. Diversité et dynamique des exploitations agricoles mixtes agriculture-élevage au sud Du Mali. *Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones. Agricultures*, 19 (3) : 185-193.
- VALL, E., DUGUE, P., BLANCHARD, M., 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cahiers Agricultures*, 15 (1) : 72-79.
- VAN DER POL, F., 1992. Soil Mining : an unseen contributor fo farm. income in Southern Mali. *Bulletin* 325, Royal Tropical Institute, Amsterdam, The Netherlands, 48 p.
- VILAIN, L., 2008. La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles, Dijon, France : Educagri, 184 p.