

Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin

Jonas A DJENONTIN*, Bertus WENNINK*, Gustave DAGBENONGBAKIN*,
Gaston OUINKOUN**.

*INRAB, CRA Nord, BP 03, N'Dali, Bénin

**INRAB, CRA Agonkanmey, 01 BP 2359 RP, Cotonou, Bénin

Résumé — Le maintien de la fertilité des sols est une préoccupation pour les exploitations agricoles du Nord-Bénin. Cette préoccupation est de plus en plus vivace car l'explosion démographique et l'expansion de la culture du coton ne font qu'augmenter la pression foncière et la jachère réduite à quelques années ne permet plus une restauration adéquate de la fertilité des terres. Les exploitations agricoles en quête de solutions durables pour une meilleure gestion de la fertilité de leurs terres, ont développé des pratiques nouvelles ou ont amélioré les pratiques endogènes. De nouvelles technologies sont aussi introduites au niveau des exploitations agricoles par la recherche et la vulgarisation. L'identification des pratiques en cours dans les exploitations agricoles permet d'avoir une idée de l'adoption des technologies introduites, des efforts d'adaptation ou de résolution de cette contrainte par les exploitants agricoles grâce à leur savoir et à leur meilleure connaissance de leur milieu. L'amendement des sols et les apports de fertilisants minéraux sur les cultures constituent les types de pratiques identifiées. La rotation des cultures permet à l'exploitation de tirer le maximum de profit de ces types de pratiques. Leur appréciation tant du point de vue de l'efficacité que de la durabilité permet de proposer des voies d'amélioration pour une meilleure gestion des terres de l'exploitation agricole.

Abstract — **Soils fertility management strategies in northern Benin. With the population growth and the extension of cotton production**, the traditional soil fertility management systems became less adapted. Land pressure increasing and fewer fallows used in these systems explain this situation. To perform these systems, research and extension services introduced some technologies like mineral fertilisation soil amendment. Many years after this introduction, the problem occurs and this study shows less adoption and adaptation of these news technologies that take place in the strategies developed by farmers. The uses of organic matter alone or combined with minerals fertilizers are common practices observed in many villages. Crops rotation combined with these common practices increased their sustainability. Practices and soil fertility management strategies analyses in the north Benin generate another axes to perform soil fertility management for the sustainability of systems production occurred in this region.

Introduction

Le maintien de la fertilité des sols demeure une grande préoccupation pour les exploitants agricoles du Nord-Bénin (DRA-SRCV-INA, 1993). Les innovations techniques proposées aux exploitants agricoles sont peu adoptées et ce problème connaît une expansion notoire avec l'accroissement de la pression foncière. L'expansion de la culture du coton s'est réalisée à la faveur d'une extension des zones de culture.

Les stratégies et les pratiques endogènes ont évolué pour s'adapter à une situation de gestion de fertilité des sols qui se complique de plus en plus. De toute évidence, les terres agricoles connaissent dans le processus de mise en valeur et d'exploitation, une perte d'éléments nutritifs dont l'importance s'accroît au fur et à mesure que le processus dure, avec pour conséquence une chute des rendements. En général, les compensations faites sont inférieures à la perte d'éléments nutritifs engendrée par ce processus (Van der Pol, 1994 ; Boko et Kpagbin, 1996). Cette exploitation « minière » des sols ne peut garantir une exploitation durable des terres. Au Nord du Bénin, les systèmes de compensation en cours ne permettent pas d'éviter la « mort » de la terre au bout de quelques années. En effet, ces systèmes ont recours à des combinaisons des engrais minéraux avec des amendements organiques. Les pratiques d'amendement organique sont constituées, par le paillage après récolte des champs, le parcage rotatif direct dans les champs ou la poudrette de parc. Les assolements et rotations de culture, quoique contribuant à une exploitation plus longue des terres, favorisent un épuisement plus prononcé de ces terres. Les bilans négatifs enregistrés lors d'une étude dans cette zone (Boko et Kpagbin, 1996) démontrent que ces systèmes de culture ne permettent pas de renverser cette exploitation minière des terres. La présente étude vise la compréhension du problème et des stratégies mises en œuvre pour la résorber et à la définition de nouveaux axes de recherche de solutions concertées.

Méthodologie

Groupes cibles

La présente investigation vise tous les exploitants agricoles du département du Borgou. Les exploitations agricoles mécanisées ou non et celles pratiquant à la fois l'agriculture et l'élevage sont les types d'exploitation à prendre en compte pour cette investigation.

Choix des sites d'investigation

Les sites d'expérimentation de recherche-développement dans le Borgou constituent les lieux d'investigation et sont représentatifs des zones agro-écologiques (tableau I).

Tableau I. Les sites d'expérimentations et leurs caractéristiques.

Sites	Zone agro-écologique	Caractéristiques de la zone
Birni-Lafia	soudano-sahélienne 600 à 800mm	Céréalière et maraîchère à forte pression sur la terre
Kokey	soudanienne 800 à 1 100mm	Cotonnière, à forte pression sur la terre
Bensékou	soudanienne 800 à 1 200mm	Cotonnière, à faible pression sur la terre
Sokka	soudano-guinéenne 1000 à 1 200mm	Vivrière, à faible pression sur la terre

Démarche et outils

L'investigation se déroule en trois étapes que sont, l'assemblée villageoise au début de l'étude, les entretiens semi-structurés dans les exploitations agricoles et l'assemblée villageoise de restitution des résultats. Un guide d'entretien permet de structurer les entretiens avec les personnes ressources et les membres de l'exploitation agricole. Le recours aux tableaux dessinés et aux images portant sur la dégradation des ressources naturelles et sur les technologies endogènes ou introduites et recensées lors des études antérieures, a permis des échanges fructueux entre les exploitants agricoles et l'équipe de recherche.

Résultats

Pratiques endogènes

La première pratique et la plus ancienne a trait à la gestion de l'eau pour mieux tirer profit de la terre. Ainsi pour une nouvelle défriche, l'infiltration des eaux des premières pluies dans le sol est nécessaire avant le labour suivi immédiatement du semis alors que pour les sols manifestant une tendance de baisse de production, le labour et le semis ont lieu dès les premières pluies.

Le parage rotatif direct du troupeau bovin autour de l'habitat est une pratique des éleveurs peuls qui leur permet de restaurer leurs champs de céréales.

Le contrat de parage est issu de la pratique des peuls et permet aux agriculteurs de restaurer la fertilité de leurs champs avec les troupeaux des éleveurs peuls.

Pratiques nouvelles et introduites

Pratiques de gestion communes à toutes les zones

L'application des engrais minéraux à partir du premier sarclage est une introduction de la vulgarisation. Les engrais minéraux appliqués varient peu selon les cultures et les doses appliquées sont modulées selon que la parcelle est amendée ou non et selon les objectifs de production ou de la capacité d'investissement de l'exploitation. Les doses d'engrais sont réduites de moitié au moins quand ils viennent en complément à la matière organique issue du parage, de la poudrette de parc ou du fumier (tableau II).

Tableau II. Doses d'engrais minéraux par culture (kg/ha) avec ou sans amendement.

Types	Coton			Maïs		
	Dose. R	Dose A S*	Dose A A	Dose. R	Dose A S	Dose A A
NPKSB (14-23-14-5-1)	150	100-150	100	200 (f1)	100	0-100
DAP (18-46-0)				100 (f2)		
KCl (0-0-60)	50	50	50	50 (f1/f2)	50	0-50
Urée (46-0-0)	50	0	0	50 (f1/f2)	0	

* 100 à 150 kg d'engrais complexe mélangé avec 50 kg d'urée et appliqués une fois.

R = recommandé A S = Appliqué sans amendement AA = Appliqué avec amendement.

Première formule = f1 ; Deuxième formule = f2.

L'amendement des sols nécessite des quantités importantes de matière organique et en conséquence les exploitants agricoles ont recours à plusieurs techniques de production. Le fumier est produit à partir des résidus de récolte, des refus de fourrage (environ 50 % des 30 kg/animal/jour) et des déjections animales dès la fin de la saison sèche soit dans les parcs-étables ou dans les fosses. En début d'hivernage le produit accumulé progressivement est transporté au champ et épandu avant le labour. Le compostage des résidus de récolte avec ou non les déjections animales dans les fosses est une alternative à la production du fumier qui permet aussi la valorisation des résidus de récolte (tableaux III et V.) Une à deux fosses pour une à deux paires de bœufs sont destinées pour la production du fumier qui ne dépasse guère 2 à 4 m³ par an, soit environ 1 500 à 3 000 kg.

Le paillage des champs avec les résidus de céréales est systématique dans les zones à forte pression foncière. L'installation des plantes de couverture comme le mucuna est d'introduction très récente et n'est pas encore généralisée (tableaux III et V).

La rotation des cultures se réalise en tenant compte des exigences en fertilité des sols de la culture suivante, des objectifs de production de l'exploitation et du mode de préparation du sol. Quand l'exploitation vise une culture de rente, le précédent cultural est l'igname, le coton ou le maïs et quand

elle vise la subsistance, le précédent est le coton ou le maïs si une parcelle constitue la sole et, une légumineuse ou une céréale si les parcelles qui constituent la sole sont multiples. Le labour à plat est alors exécuté en lieu et place du billonnage quand la sole est composée d'une seule parcelle (tableau III).

Tableau III. Inventaire des pratiques de gestion de fertilité des sols par sites.

Sites	Disponibilité en terres cultivables	Pratiques de gestion de fertilité des sols
Sokka	Réserve importante	Jachères longue durée
	Champs éparpillés en brousse	Rotation des cultures
		Contrat de parcage
		Fertilisation minérale du coton
Kokey	Faible réserve	Jachère cultivée de courte durée
	Exploitation répartie entre les champs de case et les champs de brousse	Parcage rotatif des bovins
		Fertilisation minérale sur coton et maïs
		Fumier de parc et de fosses
		Paillage des champs
		Rotation coton/maïs/coton/maïs-sorgho
Birni –Lafia	Pas de réserve en terres	Quasi-absence de jachères
	Inondation fréquente des cultures au moins une année sur cinq	Contrat de parcage
	Zones d'inondation destinées au maraîchage et au niébé	Fumier des parcs
		Poudrette de parc
		Rotation coton/maïs/sorgho

Pratiques de gestion particulières aux zones à forte pression foncière

Le parcage rotatif direct pratiqué à l'instar des agro-éleveurs peuls dans les champs de céréales est aussi une pratique ancienne qui permet de valoriser les déjections animales et les résidus de récolte in situ autour des habitats de l'exploitation agricole. Il consiste déplacer le lieu de parcage nocturne du troupeau bovin dans un champ tous les 7 à 10 jours pendant toute la saison sèche. Les déjections liquides mouillent la paille en place et s'infiltrant aussi dans le sol. La paille en place est broyée et mélangée aux déjections solides et au sable du lieu de parcage. En début d'hivernage les résidus grossiers et les déjections solides séchées sont rassemblés et incinérés. Un troupeau de 30 à 40 têtes est nécessaire pour couvrir un hectare au bout de six mois, à raison de 16 à 25 m² par bœuf (tableaux III et IV).

Tableau IV. Superficies amendées en fonction de la taille du troupeau et de la durée du parcage rotatif direct (hectare).

Taille du troupeau	1 Mois		4 Mois		6 Mois	
	7 jours	10 jours	7 jours	10 jours	7 jours	10 jours
20	0,16	0,12	0,64	0,48	0,96	0,72
30	0,24	0,18	0,96	0,72	1,44	1,08
40	0,32	0,24	1,28	0,96	1,92	1,44
50	0,40	0,30	1,60	1,20	2,40	1,80

Stratégies de gestion de la fertilité des sols

Dans les exploitations agricoles de la zone cotonnière à forte pression foncière, le parcage rotatif direct des bœufs se réalise dans les champs attenants aux concessions et le fumier des parcs ou des fosses est destiné aux champs proches des concessions. Ces champs sont répartis entre la culture du coton et les céréales sèches. La rotation des cultures sur ces champs et l'apport complémentaire d'engrais minéraux permettent une exploitation continue de ces terres. Par contre, à l'extrême nord où la pression foncière

est aussi forte, les exploitations agricoles ont surtout recours au contrat de parcage dans les champs destinés aux vivriers et au coton, aux engrais minéraux dans les champs de coton et sur les champs maraîchers et à la rotation des cultures toujours à cause de l'arrière effet des engrais minéraux. Dans la zone à faible pression foncière, les engrais minéraux sont appliqués surtout sur le coton et les rotations et associations de cultures intègrent non seulement la valorisation de l'arrière effet des engrais minéraux, mais aussi le contrôle du Striga avec les légumineuses vivrières.

Contraintes au développement des stratégies endogènes

Les contraintes évoquées pour les pratiques anciennes sont le déplacement continu des champs et leur éloignement des habitations et la perte des résidus de récolte pour l'alimentation des animaux et la production du fumier. Celles relatives au parcage rotatif direct sont la taille du troupeau, la situation des terres à restaurer par rapport à l'habitat de l'exploitant et enfin l'alimentation et l'abreuvement des animaux pendant la période de sécheresse.

Contraintes à l'adoption des stratégies nouvelles

La production de fumier ou le parcage direct n'est possible qu'avec la constitution de troupeaux de bœufs et la mécanisation de l'exploitation. Les risques de maladies encourus par les bœufs, dans un parc où les déjections et les refus de fourrage sont maintenus, sont aussi très élevés surtout pendant l'hivernage. L'absence d'une charrette dans l'exploitation agricole limite le transport du fumier au champ et l'approvisionnement du parc en litière. Le nombre d'attelage limité à une ou deux paires de bœufs ne permet d'avoir dans les exploitations un effectif important de bœufs de trait et ceci limite la capacité de production de fumier. Le recours à un berger peut pour la conduite du troupeau constituer une limite quand ce dernier déplace le troupeau hors du terroir à la recherche de bon pâturage. Enfin, la concurrence quant à l'utilisation des résidus de récolte, soit pour l'alimentation des bœufs ou pour la litière, soit pour les usages domestiques s'accroît surtout dans les zones à forte pression foncière (tableaux IV et V). Le paillage suivi de l'enfouissement de la biomasse n'est pas souvent réalisé à cause de la chaîne incomplète de culture attelée dans l'exploitation agricole. L'absence notoire du canadien ne permet pas d'enfouir les résidus de récolte dans le sol avec un labour de fin de saison. Cette situation se complique avec l'éloignement des champs de l'habitat car la biomasse laissée sur-le-champ est incinérée suite aux feux de brousse (tableau V). L'utilisation des engrais minéraux nécessite des entretiens multiples et des investissements importants de la part de l'exploitant agricole. Si les crédits pour les intrants les soulagent pour la culture du coton, les engrais minéraux pour les cultures vivrières ne sont pas disponibles et ne bénéficient pas d'un système de crédit. Les divers types d'engrais minéraux préconisés par la recherche ne sont pas toujours disponibles et les prix de cession des engrais pratiqués sont, pour les exploitations agricoles, exorbitants.

Tableau V. Modes de valorisation des résidus de récolte.

Sites	Utilisation des résidus de récolte	Contraintes
Sokka	Vaine pâture	Eloignement des champs
	Incinération après vaine pâture	Charrette non disponible
	Fabrication des clôtures	Main-d'œuvre non disponible
Kokey	Vaine pâture	Main-d'œuvre non disponible
	Paillage des champs céréaliers plus parcage direct et/ou vaine pâture	Charrette non disponible
	Collecte et stockage des pailles de céréales et des fanes de légumineuses pour l'alimentation des bœufs de trait	
Birni –Lafia	Vaine pâture	
	Paillage plus parcage direct	Main-d'œuvre non disponible
	Collecte et stockage de pailles de céréales et des fanes de légumineuses pour l'alimentation des bœufs de traits et les petits ruminants	Invasion des bœufs transhumants
	Fabrication des clôtures	

Analyses et discussion

Les pratiques de gestion de fertilité des sols

Les exploitants agricoles du Nord-Bénin ont recours à plusieurs pratiques à la fois pour gérer la fertilité de leurs terres. Des études antérieures menées au nord du Bénin mentionnent ce comportement (de Haan, 1997; Wennink *et al.*, 1999) qui se retrouve aussi dans toute la région soudano-sahélienne (Pieri, 1989 ; McIntire *et al.*, 1992 ; Jabbar, 1994). Les pratiques les plus utilisées dans les diverses combinaisons sont, la rotation des cultures, le parçage rotatif direct, le paillage et les apports d'engrais minéraux ou de fumure organique sous forme de fumier ou de compost.

L'évolution des pratiques et des stratégies de gestion de fertilité des sols met en évidence leur importance de la problématique. La diversité des pratiques témoigne aussi de l'adaptation des exploitants à de nouvelles situations et aussi de l'inadéquation des solutions apportées par la recherche et la vulgarisation.

La jachère, la fertilisation organique et minérale et la rotation des cultures constituent les types de pratiques en cours quelle que soit la zone. Mais l'intensité d'utilisation des pratiques varie suivant la pression foncière et l'importance de la culture du coton. Les pratiques sont plus diversifiées quand la pression foncière est de plus en plus forte et quand la jachère disparaît. La diversification des pratiques est aussi fonction du niveau d'intégration de l'agriculture et de l'élevage dans l'exploitation agricole. Des observations similaires sont faites dans des études menées dans la sous-région soudano-sahélienne surtout en zone cotonnière (Savado. *et al.*, 1998) et ont conduit les auteurs à préconiser la promotion des cultures de rente comme le coton et le maïs pour une durabilité plus grande des systèmes d'exploitation.

Utilisation des résidus de récolte et des déjections animales

Dans les zones où la pression foncière est relativement faible, les résidus de récolte ne sont pas utilisés pour la gestion de la fertilité des sols. Dans les zones où la pression foncière est forte, le paillage des champs avec les résidus de récolte, suivi ou non du parçage rotatif direct, contribue au maintien de la fertilité des sols. Plusieurs auteurs ont observé cette tendance à l'utilisation des résidus de récolte en Afrique de l'Ouest (Pieri, 1989 ; McIntire *et al.*, 1992).

Les innovations introduites pour la production de la fumure organique sont le compostage ou la production du fumier dans les étables fumières. Ces innovations visent l'amélioration des techniques endogènes de production de la matière organique et la valorisation des résidus de récolte. Elles ont été aussi développées comme technologies d'appoint à l'introduction de la culture attelée et à l'intensification de la culture du coton. Cette approche est aussi signalée dans toute la sous-région soudano-sahélienne (Piéri, 1989 ; Dugué 1995 ; Jeager et Matlon, 1990 ; Giraudy 1998). La transformation des résidus en compost ou en fumier est limitée aux exploitations disposant d'une charrette ou dont les champs sont proches des lieux de production. En effet à l'instar des observations faites dans les zones cotonnières au Mali et au Burkina-faso (Berger, 1996 ; Bosma *et al.*, 1995), le transport des résidus du lieu de production de la fumure organique et de ce dernier au champ, constitue un handicap sérieux surtout quand l'exploitation ne dispose pas d'une importante main-d'œuvre familiale. Les technologies traditionnelles que constituent le parçage rotatif direct, ou la collecte et l'épandage de la poudrette de parc, permettent encore aux exploitations agricoles d'amender leurs terres.

Le parçage rotatif direct est courant chez les agro-éleveurs et chez les éleveurs peuls et permet d'éparpiller dans le champ les déjections animales au cours de la saison sèche. Les autres pratiques qui impliquent une collecte et un stockage et ensuite le transport du produit sont peu utilisées.

Forces et faiblesses des pratiques de gestion de fertilité des sols

Les pratiques mises en œuvre pour la restauration de la capacité de production des terres en exploitation peuvent être regroupées en deux types : les pratiques intensives pratiques extensives (tableau VI).

Tableau VI. Objectifs recherchés par la mise en œuvre des pratiques de gestion.

Pratiques		Types de techniques			
		Réhabilitation capital sol	Recyclage résidus de récolte	Fertilisation et amendement	Gestion des cultures
Pratiques Intensives	Jachère naturelle	+++			
	Paillage		+++	+	
	Parcage direct	+	++	+++	
	Rotation cultures				+++
Pratiques Extensives	Production et	+	+++	+++	
	Utilisation fumier				
	Application des engrais minéraux			+++	

Avantages et limites des pratiques de gestion

L'approche systémique et l'approche gestion des ressources naturelles guident l'analyse des pratiques de gestion de la fertilité des terres. Cette analyse tient compte de l'exploitation agricole et du terroir villageois. Chaque pratique est alors évaluée par rapport à sa contribution au revenu de l'exploitation agricole ou par rapport à sa contribution à la durabilité du système de production, tant au niveau de l'exploitation qu'au niveau du terroir villageois. Il se dégage de cette analyse que les pratiques intensives qui sont d'introduction récente pour corriger ou améliorer les pratiques extensives, limites et ont parfois un impact négatif (tableau VII). Il est donc nécessaire de repenser les nouvelles technologies par rapport à ces limites et d'améliorer réellement les pratiques endogènes déjà bien ancrées dans la vie des exploitants agricoles.

Tableau VII. Avantages et limites des pratiques de gestion.

Pratiques	Avantages	Limites
Jachère	Production du bois et du fourrage	Longue durée de restauration de la fertilité Disponibilité en terre
Paillage	Valorisation des résidus de récolte	Décomposition insuffisante Risque d'incendies et de feux de brousse
Parcage direct	Valorisations des résidus de récolte et des déjections animales	Décomposition insuffisante, Nécessité d'avoir un troupeau bovin, Enherbement poussée de la parcelle
Rotation des cultures	Meilleure utilisation de la fertilité des sols Utilisation de l'arrière effet des engrais minéraux et des amendements	Allocation déséquilibrée des terres aux cultures (Proportion des cultures) Non-respect des modalités d'apport (doses, modes, périodes d'application)
Production et utilisation du fumier	Valorisations des résidus de récolte et des déjections animales Utilisation des bœufs de trait de l'exploitation	Main d'œuvre Transport résidus de récolte et fumier
Apport d'engrais minéraux	Augmentation du rendement	Investissement important Endettement

Expériences en production de fumier

Les entretiens font ressortir que les exploitants agricoles ont reçu l'information et ont des connaissances sur la production du fumier. Des fosses creusées à côté des parcs en bois avec ou sans abri dans certaines exploitations attestent qu'il y a eu, au moins un moment, la pratique soit de compostage soit de production de fumier. Dans la plupart des parcs visités il n'y a pas de litière. Dans les parcs-étables, les résidus de fourrages sont balayés et mis de côté ou dans une fosse avec les déjections solides. Il y a réellement donc eu une expérience de production de fumier les années antérieures, mais qui a tourné court pour des raisons diverses. Il ressort des entretiens que les modèles de production proposés n'entrent pas dans le système d'activités et les objectifs des exploitations agricoles. Les principales contraintes évoquées ont trait, à l'investissement financier (bœufs de trait, charrette, parc étable avec abri), à l'investissement en main-d'œuvre et enfin au faible rendement du capital investi et de la main-d'œuvre par rapport à la superficie amendée. Des constats similaires sont établis lors des évaluations faites suite à la promotion de ces technologies en Afrique de l'Ouest (Pieri, 1989 ; Giraudy et Samanké, 1995 ; Dugué ; 1995).

Conclusion

La situation actuelle de la gestion de la fertilité des sols n'est pas satisfaisante. Les solutions mises en œuvre demeurent partielles. Les nouvelles technologies introduites par la vulgarisation sont peu adoptées, car leurs conditions de réalisation ne sont pas remplies. Le transport de la litière et du fumier et la sédentarisation des exploitations constituent les principaux freins à leur adoption. Il faut développer des modèles qui tiennent compte des systèmes de production en cours, en résolvant les problèmes (i) de transport, (ii) du lieu d'implantation du parc et (iii) de la période de production du fumier.

Bibliographie

- DPP/MDR, 1999. Annuaire statistique Campagne 1998 – 1999, 126 p.
- BERGER M., 1996. L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano sahélienne. Agriculture et développement. Numéro hors série.
- BOKO A., KPAGBIN A.G., 1997. Bilan des éléments nutritifs du sol dans la Sous-préfecture de Banikoara, Rapport annuel CENAP/INRAB.
- BOSMA R., BENGALY M., DEFOER T., 1995. Pour un système durable de production au Mali-sud : accroître le rôle des ruminants dans le maintien de la matière organique des sols. *In* Powell J.M., Fernandez-Riviera M., Williams T.O. et Renard C. (éds.) 1995. Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub Saharan Africa. Vol II Technical papers. Proceeding of an international conference held in Addis Ababa, Ethiopia, 22-26 November 1993.
- BROUWER J., POWELL J.M., 1995. Aspects pédologiques du recyclage des éléments nutritifs dans un essai de fumure au Niger. *In* Powell J.M., Fernandez-Riviera M., Williams T.O. et Renard C. (éds.) 1995. Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa. Vol II Technical papers. Proceeding of an international conference held in Addis Ababa, Ethiopia, 22-26 November 1993.
- DE HAAN L.J., 1997. Résumé, conclusions et recommandations. *In* De Haan, L.J. (éd.), 1997. Agriculteurs et éleveurs au Nord du Bénin. Ecologie et genres de vie. Paris, France, Karthala, p. 67-91.
- DJÈNONTIN A.J., AMIDOU M., WENNINK B., 1999. Diagnostic rapide des pratiques de gestion de la fertilité des sols dans les terroirs de Sokka, Kokey et Birni-Lafia. Rapport technique, RD Borgou/CRA-Nord/INRAB, 27 p.
- DRA/SRCV-INA, 1993. Rapport de zonage et sondage diagnostic du département du Borgou, Projet Borgou II, Volet Recherches vivrières, DRA/SRCV-INA
- DUGUE P., 1998. Gestion de la fertilité et stratégies paysannes. Le cas des zones de savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Agriculture et Développement 18 : 99-107.

DUGUE P., 1995. Amélioration de la production et de l'utilisation de la fumure organique animale en zone cotonnière du Nord Cameroun : résultats préliminaires. Communication présentée au 3^e Atelier RESPAO/GREFMASS sur la production et l'utilisation de la fumure organique en zone subhumide : technologies disponibles, méthodes de transfert et gestion paysanne. 13 au 17 Février 1995, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

GANRY F., SANOGO Z. I., GIGOU J., OLIVIER R., 1999. Intensification du système coton-sorgho fondée sur le fumier et la gestion optimale de la fertilisation au Mali méridional. *In* La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternatives, Floret C. et Pontanier R. (éds.). Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, p. 142-148.

GIRAUDY F., SAMAKÉ S., 1995. La production et l'utilisation de la fumure organique par les exploitations du Mali-Sud. Document présenté au 3^e atelier du Groupe de recherche collaborative sur la restauration et le maintien de la fertilité des sols en zone soudano-sahélienne (GREFMASS), 13-17-02-1995, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

GIRAUDY F., 1998. Culture attelée, culture cotonnière : crédit et intensification de l'agriculture. *Coton et Développement* 28 : 20-23.

ILRI, 1999. Maintenir un équilibre entre l'élevage et le recyclage des éléments nutritifs. *Recherche sur l'élevage et le développement* 4.

JABBAR M.A., 1994. Evolving crop-livestock farming systems in the humid zone of West Africa. *Journal for farming systems research-extension*, vol 4 (3).

JAEGER W., MATLON P J., 1990. Utilisation, profitability and adoption of animal draft power in West Africa. *American Journal of Agricultural Economics* 72 : 35-48.

MCINTIRE, BOURZAT D., PINGALI P., 1992. Crop livestock interactions in sub-saharan Africa. Washington DC, World Bank.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la coopération, CIRAD/IRAT, Paris, France.

RCF/INRAB, 1996. Rapport de campagne, Agronomie, 60 p.

SAVADOGO K., REARDON T., PIETOLA K., 1998. Adoption of improved land use technologies to increase food security in Burkina-Faso : relating animal traction, productivity and non-farm income. *Agricultural systems*, vol. 58, n° 3, p. 441-464.

VAN DER POL F., 1992. Soil mining : an unseen contribution to farm income in southern Mali. *KIT Bulletin* 325, KIT, Amsterdam, Netherlands.

VAN DER POL F., 1994. Quelques réflexions sur la dynamique des systèmes de production. Communication présentée à l'atelier-bilan sur la recherche-développement dans le Borgou : acquis et perspectives, 12-16 décembre 1994, Parakou, Bénin.

WENNINK B., DAGBÉNONBAKIN G., AGOSSOU V., 1999. Expériences avec une approche participative de gestion intégrée de la fertilité des sols en recherche-développement au Bénin. Cas des villages de Kokey (Bassin cotonnier de Banikoara) et d'Ahououé (Plateau Adja). INRAB/CRAN/RD, Parakou, 1999.