

Combinaison de l'expérience régionale et de la gestion holistique pour la recherche d'alternatives d'amélioration de la fertilité du sol de la commune de Madiama

Boureima Traore (IER), Odiaba Samake (IER), Oumarou Badini (WSU).

Résumé

La gestion holistique fournit un cadre qui permet de faire un diagnostic des causes et d'identifier des traitements pour la dégradation des ressources naturelles. Dans la commune de Madiama, les exercices de gestion holistiques ont identifié le cycle des nutriments comme pilier de l'écosystème exigeant la modification, complétant l'identification de la fertilité du sol comme problème prioritaire pendant le PLLA. L'identification des technologies efficaces et adaptables pour l'amélioration de la fertilité des sols pauvres de Madiama ou le cumul annuel des précipitations se trouve entre 300 à 700 millimètres. Le caractère aléatoire et irrégulier des précipitations et l'assèchement précoce des eaux de surface constituent de véritables contraintes. Dans ces conditions, un certain nombre de tests de la gestion holistique qui ont suivi les recommandations traditionnelles de recherches a échoué. Cet article présente quelques résultats anticipés de la recherche récente sur la fertilité du sol conduite avec des paysans de la commune de Madiama pendant ces deux dernières années. Les alternatives de la gestion holistiques examinées incluent: (1) l'application au poquet de micro-doses d'engrais minéral pour augmenter le rendements avec des coûts minimaux; (2) l'intégration de la production végétale et animale pour échanger du fourrage de champ contre la fumure organique entre agriculteurs et éleveurs; (3) l'application du phosphate naturel localement disponible (PNT) comme supplément peu coûteux de fertilité du sol; (4) la rotations et l'association de niébe et du mil pour augmenter la fixation de l'azote, la diversité diététique et la production accrue de fourrage.

Mots-clés : *dégradation, sol, fertilité, ressources naturelles, gestion holistiques, agriculteurs, éleveurs, fumure organique, fumure minérale, intégration, production végétale et animale*

Abstract

Holistic Management provides a framework for diagnosing causes and prescribing general cures for natural resource degradation. In Madiama, holistic management exercises have identified the Nutrient cycle as a pillar of the ecosystem modification, complementing the identification of soil fertility as a priority problem during the PLLA. Identifying effective soil fertility improving technologies adaptable to poor soil conditions where annual rainfall fluctuates between 300 to 600 mm, rainfall events are irregular, and water tables have been declining is a difficult task. Under these conditions traditional research recommendations fail a number of holistic management tests. This paper highlights recent soil fertility research conducted with farmers in Madiama during the past two years. Holistic management alternatives being tested include: (1) seed hole application of micro-doses of mineral fertilizer to increase yields with minimal cost; (2) the integration of the crop and livestock production to exchange field fodder for manure between farmers and herders; (3) The application of locally available cowpea/millet rotations and intercropping to increase nitrogen fixation, dietary diversity and increased fodder production.

Key words: *degradation, soil, fertility, natural resources, Holistic management, farmers, herders mineral fertilizer, integration, crop and livestock*

Introduction

Le diagnostic (PLLA) SANREM/IER effectué dans la commune de Madiama en 1999 a permis de faire ressortir que l'instabilité de la production agricole constitue la principale contrainte de la population à

l'heure actuelle. Cette situation entraîne une insécurité alimentaire permanente pour les populations. La commune est caractérisée par un climat tropical alternant deux saisons une longue saison sèche et une courte saison pluvieuse. De fortes températures, un ensoleillement qui dure plus de dix heures par jour. Le total pluviométrique annuel est compris entre 300 et 700 mm. Les pluies sont aléatoires et irrégulières d'une saison à l'autre et on y observe : un abaissement du niveau de la nappe phréatique, une diminution des débits des cours d'eau, un assèchement précoce des mares. La baisse du couvert végétal expose les sols aux érosions éolienne et/ou hydrique et entraîne une diminution de la biomasse végétale et partant une baisse du stock de matière organique. La croissance démographique a entraîné la forte réduction de la durée de jachère voire l'arrêt de cette pratique. Les sols sont surexploités, sans restitution minérale ou organique d'où une baisse rapide de leur fertilité.

La dégradation des sols causée par l'érosion entraîne la perte de 10 à 60 % des nutriments des sols. On estime qu' en Afrique subsaharienne l'agriculture prélève jusqu'à 22kg de N, 6kg de P_2O_5 et 18 kg de K_2O par hectare en l'an 2000, avec une perte nette de 49 kg par hectare. Les prélèvements annuels d'élément nutritifs vont atteindre 60 kg./ha (13.2 millions de tonnes d'éléments) la même année (Bationo A., 1998). Aussi même les terres intensivement fertilisées comme dans les zones cotonnières connaissent-elles un bilan négatif de N et K. La dégradation n'est pas encore arrêtée et la durabilité de la production est en jeu.

L'intégration agriculture - élevage est faiblement développée à cause du caractère extensif des systèmes d'exploitation agricole et d'élevage ; le faible niveau d'organisation, l'analphabétisme, et le faible pouvoir d'achat des producteurs dans la commune de Madiama limitent leur capacité à prendre en mains des volets importants de la gestion intégrée de la fertilité des sols tels que l'approvisionnement en intrants et la commercialisation des produits.

L'identification de possibilités et d'alternatives d'amélioration de la fertilisation du sol adaptée aux besoins des cultures dans la commune rurale de Madiama au Mali est devenue une nécessité impérieuse face à la dégradation galopante de l'environnement, si l'on veut espérer continuer à obtenir des rendements aussi bien économiquement rentables qu'écologiquement durables. La gestion de la fertilité doit se faire dans un cadre global, qui implique tous acteurs qui utilisent les ressources du milieu. C'est dans cette optique que SANREM CRSP avec le WAF-008 a fait l'inventaire et la description des possibilités et alternatives d'amélioration du sol à partir d'une revue bibliographique. Ces alternatives d'amélioration du sol sont toutes testées dans la sous région et ont présenté des résultats pouvant répondre aux besoins des communautés de la commune de Madiama. Pour lever ces contraintes un certain nombre de technologies est proposé. Parmi eux on peut citer :

- Pour une augmentation de la production un apport d'engrais phosphatés est nécessaire, mais son application suivant les doses recommandées est difficile, car le coût des engrais commerciaux est souvent hors de portée des petits producteurs. L'application de phosphore au poquet permet dans une certaine mesure de limiter ce problème en minimisant les doses de phosphore à appliquer tout en ayant un gain de rendement acceptable par rapport à l'investissement (A.C. Bulkert et B. Muchling - Version, A. Bationo, 1998). La dose d'application optimale déterminée est de 4 kg P/ha (c'est-à-dire 9,2 kg/ha de P_2O_5), ce qui est équivalent à 6 g d'engrais complexe 15-15-15 par poquet pour une densité de semis de 10.000 poquets/ha. C'est surtout l'engrais complexe 15-15-15 qui contient 15 kg de phosphore (P_2O_5) pour 100 kg d'engrais. Les doses de phosphore sont placées avec les semences dans les poquets du mil. L'augmentation de la paille et des rendements de gains de mil peut atteindre jusqu'à 70 %. Avec une pluviométrie normale et régulière les risques sont négligeables. Par ailleurs, le phosphore appliqué mais non utilisé par les cultures suite à une mauvaise saison reste en grande partie disponible pour la saison suivante. (A.C. Bulkert et B. Muchling - Version, A. Bationo, 1998). Le projet Intrants/ICRISAT (2000-2001) propose de remplacer les 6g de 15-15-15 par 2g de DAP (18-46-0) qui apporte à l'hectare la

formule 3,6-9,2-0 a cause de : la concentration, du prix , de la souplesse d'application de la possibilité d'utilisation selon le besoin et de la limitation des pertes.

- Le Phosphate Naturel du Tilemsi (PNT) distribué dans le Sud du Mali par la compagnie cotonnière nationale, la CMDT, se montre réellement efficace sur les champs, surtout lorsque les pluies sont bonnes. Avec une dose recommandée de 300kg/ha Il présente également un bon effet résiduel. La technique de mélanger le PNT à la terre humide ou à la fumure organique, semble la mieux indiquée pour l'instant (Koné. Y., et al. 2000). l'utilisation du phosphate naturel de Tilemsi (PNT) comme fumure de fond dans le système de fertilisation des cultures à Kadiolo (D.R.S.P.R.,1990/1991) et de la protection des sols contre l'acidification et l'appauvrissement en phosphore a permis d'enregistrer pour ce qui concerne le mil dans la fertilisation de l'association sorgho/mil une différence hautement significative entre la pratique paysanne et la moyenne des traitements phosphatés. La fertilisation de façon générale a abouti à un accroissement de 49% par rapport à la pratique paysanne sans fertilisation.

- L'utilisation de la fumure organique (fumier, poudrette de parc, compost) est une pratique traditionnelle dans les pays du Sahel. Avec la disparition des friches, son rôle dans la restitution des aptitudes productives devient de plus en plus important (Landais et al, 1990). Le fumier est un mélange de déjections animales et de résidus végétaux (litière). Sa production nécessite que les animaux soient affouragés toujours au même endroit et sous abri pour éviter le lessivage des éléments fertilisants. Le transport des fourrages et des résidus végétaux pour la litière, l'abreuvement des animaux, la fabrication du fumier (compostage éventuel), son transport sur les parcelles et son enfouissement posent de nombreux problèmes. Tous ces travaux nécessitent des outils et beaucoup de travail.

(1) PNT : Phosphate Naturel de Tilemsi

(2)Ha: hectare

(3)T : tonne

(4)Tilemsi: Plaine située au Nord du Mali

(5)DAP: Phosphate d'ammoniaque

De plus, pour que les effets sur les rendements des cultures soient importants, les doses doivent être élevées (5 à 10 t/ha). Or, le nombre des animaux par exploitation est très faible (1 à 2 bovin et quelques caprins). Les fourrages sont constitués essentiellement des résidus de cultures (Dugué P.,1989) Mais avec l'application de cette dose, de grandes quantités d'éléments nutritifs étaient lessivés jusqu'à deux mètres de profondeurs. Par conséquent, 1 à 2 tha-1 de fumier de bétail appliqué chaque année peut être plus efficaces que 5 tha-1 chaque deux ou trois ans.

Les agro-éleveurs pourraient s'investir davantage dans une meilleure gestion de cette ressource, essentielle pour la durabilité de l'agriculture mais consommatrice en travail en pratiquant les parcs améliorés. La technique des parcs améliorés consiste à apporter dans les parcs de nuit des animaux un maximum de matière végétales d'origine et de qualité variable : pailles, résidus de récolte, déchet de battage etc. Les fourrages grossiers distribués au par participent , par la forte proportion des refus, à cet apport de matière végétale destiné à la fabrication du fumier . Des résidus grossiers , même fortement lignifiés, peuvent entrer dans la fabrication ; le piétinement des animaux et les fermentations qui se

produisent dans la litière suffiraient à faire évoluer ces matériaux. Cette technique peut être utilisée à Madiama pour deux raisons principales : les troupeaux bovin, ovin et caprin (tableau :1) sont de plus en plus souvent gérés à l'échelon familial, ou quartier ce qui facilite ce type d'amélioration et l'équipement en traction animale et en particulier en charrette prend de l'ampleur et constitue une condition indispensable à la réussite de cette technique dans laquelle les transports de matière sont importants. L'intérêt économique d'une telle pratique est l'association partielle probable du fumier aux engrais minéraux en vue d'améliorer leur efficacité, une réduction des coûts des inputs et la diversification des activités productives

- La technique d'utilisation de la fumure organique par parcage au champ est un moyen privilégié que l'on peut utiliser pendant la saison sèche pour la fertilisation des champs de céréales. L'intérêt de cette technique tient au fait que les transferts sont assurés par les animaux ; il y a assurément très peu d'investissement et l'ensemble des déjections (fèces et urines) est bien déposé sur les parcelles durant les temps de séjour concernés qui sont couramment de 14 h sur 24 h, les fèces peuvent être estimées dans ces conditions (Sonko , 1986) par une formule qui intègre le poids des animaux , le temps de séjour par 24 h et le nombre de nuitées . Les quantités déposées sont de l'ordre 50 kg de MS de fèces par UBT et par mois soit l'ordre de 600 kg de MS de fèces par UBT** et par an. Ce système a longtemps permis de valoriser les déjections animales des troupeaux transhumants par le biais des « contrats de fumure » traditionnels passés entre les agriculteurs sédentaires et les pasteurs venus pour la saison sèche . Ce type de contrat se fait aujourd'hui rare dans la commune de Madiama ,qui a l'avantage de recevoir de nombreux troupeaux transhumants (Tableau 2 et 3) venus d'ailleurs pour les bourgoutières du Delta Intérieur du Niger et dans les casiers rizicoles. Cet avantage peut être mis à profit par des sensibilisations, des concertations entre éleveurs et paysans afin de lever cette contrainte.

Selon des essais réalisés au Niger par le Centre international pour l'élevage en l'Afrique (CIPEA, 1995, 1996) le fumier et les urines déposés par le bétail parqué dans un enclos sur le site pendant une nuit, semble être adéquate pour l'obtention de bons rendements (800 kg/ha-1, deux à quatre fois le rendement des terrains d'expérimentation). Il a été déduit qu'appliquer du fumier une nuit une fois par an, (environ 2,8 t/ha-1 de fumier et d'urine de bétail, ou bien 3 t/ha-1 de fumier et d'urine de mouton), convient probablement à certains, mais c'est peut être une trop grosse quantité pour d'autres terrains (Brouwer et al., 1995)). 2,8 t/ha-1an-1 de fumier et d'urine, déposés par des moutons parqués sur le site pendant une nuit a donné une excellente production de mil (800 kg/ha-1). Ceci est peut être dû à l'urine de mouton qui fait nettement augmenter le pH de la terre, et par conséquent, même sur les surfaces lessivées, le faible pH du sol ne limite pas pour autant la croissance du mil. L'urine de bovin ne produit pas le même effet. Le fumier de mouton se décompose et est lessivé plus lentement que le fumier de bovin (Brouwer et al., 1995). A Madiama il existe la possibilité que cette technique utilise les transhumants pour le parcage pendant leur attente pour la traversée pour les bourgoutières. Ce parcage peut être géré d'une manière holistique. Il s'agit d'initier des formes de contrat entre paysans et éleveurs afin que les attentes se fassent chaque année dans les parcelles d'un village qui d'une manière concertée crée les conditions d'accueil pour toute la durée de la période.

- A cause du pouvoir d'achat réduit des paysans, l'utilisation des engrais azotés est négligeable dans cette zone. Une façon de pallier à ces deux problèmes est de profiter de la fixation biologique de l'azote par les légumineuses cultivées dans la zone soudano-sahélienne telles que le niébé et l'arachide. Les essais en station ont montré les avantages qu'il y a à adopter la rotation annuelle de culture pure de céréales et de cultures pures de niébé ou arachide (A. Bationo, F. Seyni, A.C Buerkert et Biolders, 1998). Selon Klaij et Ntare, 1995 : Bationo et Vlek, 1997) avec les rotations céréales - légumineuses les rendements des céréales peuvent quasiment être doublés dans le système de culture en rotation par rapport à la monoculture continue de mil. L'évaluation en milieu paysan dans différentes zones agro-écologiques du Niger a permis de conclure que suite à la rotation mil-niébé on obtient des rendements similaires qu'avec l'utilisation de l'azote (30 kgN/ha) en culture continue de mil les autres bénéfices

importants liés à la rotation sont : la diminution des parasites, l'amélioration de l'activité biologique des sols, et l'amélioration des propriétés physiques des sols. Cette technique est applicable en zone soudano-sahélienne avec une pluviométrie annuelle supérieure à 350 mm pour la rotation avec l'arachide. Cette technique présente des limites d'application telles que les investissements importants en semence, en traitement chimique.

- Les associations légumineuses sont les cultures effectuées sur le même terrain, en même temps, mais les semis et les récoltes sont faits séparément. Les cultures peuvent être faites ligne par ligne ou intercalaires. Dans le sol, à l'interface sol-racine, la plante peut favoriser la dissolution des phosphates en modifiant les conditions du milieu (acidification, activité microbienne) et donc la biodisponibilité des éléments nutritifs (Haynes RJ, 1988). C'est ainsi que la baisse du pH permet la dissolution des phosphates naturels et augmente l'assimilation du phosphore (Khasawneh FE., 1978). Les légumineuses par la fixation de l'azote atmosphérique, contribuent à diminuer le pH de la rhizosphère ; elles pourraient ainsi augmenter la biodisponibilité du phosphore. Dans un système d'association légumineuse - céréale, pratique courante en Afrique de l'Ouest, la dissolution des phosphates naturels par la légumineuse pourrait donc avoir un effet bénéfique pour la céréale.

*L'UBT** : L'Unité Bétail Tropical d'un poids standard de 250 kg vif qui ingère 2300 kg de MS/an soit 6,25 kg/jour excrète environ 1000 kg de MS/an (la quantité moyenne de 600 kg de MS déposée tient compte du temps de séjour sur la parcelle).*

Méthodes d'étude

Les premières activités ont consisté à analyser la problématique de la gestion durable des ressources naturelles et des conflits dans la commune de Madiama en équipe pluridisciplinaire et inter-institutionnelle (SANREM, IER, WSU, CARE-Djenne et autres partenaires) cela a conduit à un diagnostic participatif à partir d'un PLLA dans la commune de Madiama. Le PLLA a permis de clarifier le contexte de développement et d'identifier les différents acteurs qui interviennent dans la gestion des ressources naturelles de la commune.

Cette identification des acteurs a permis de mettre en place un Comité Communal de Gestion des Ressources Naturelles (CCGRN) qui est l'émanation des différents Comités Villageois de Gestion des Ressources Naturelles (CVGRN) préalablement mis en place dans chacun des dix villages de la commune.

Le CCGRN et les différents partenaires ont reçu plusieurs formations sur la gestion holistique des ressources naturelles et des conflits. Ces différentes formations ont permis au CCGRN d'une manière concertée avec tous les acteurs impliqués dans la gestion des ressources et les différents partenaires au développement (SANREM, IER, WSU, CARE-Djenne, Administration et autres partenaires) de procéder à une analyse des différents systèmes et de leurs contraintes dans un contexte de gestion holistique afin d'identifier des options de recherche et de développement. Ces options ont été évaluées et hiérarchisées. Des plans d'action ont été élaborés, les échéances et les acteurs impliqués ont été également déterminés d'une manière participative.

Ainsi le thème sur la combinaison de l'expérience régionale et de la gestion holistique pour rechercher des alternatives d'amélioration de la fertilité du sol de la commune de Madiama a été retenu pour contribuer à lever une des contraintes principales qui est l'insécurité alimentaire dont l'analyse causale a montré que le cycle des nutriments des écosystèmes pose problème et que la faible fertilité du sol est un maillon faible du système. Pour gérer cet aspect nous avons mis à contribution tous les acteurs qui exploitent cette ressource afin de prendre en compte les opinions de tous et les possibilités que le milieu peut offrir pour lever la contrainte.

Les différentes rencontres entre chercheurs et CCGRN et les paysans autour des technologies proposées ont permis d'expliquer ces technologies. En assemblée générale des paysans se sont portés volontaires pour conduire les différents tests. Les différents travaux ont été exécutés par les paysans au champ sous la direction du chercheur et des observateurs chargés du suivi.

Trois séries de tests ont été conduites dans les 10 villages de la commune de Madiama : il s'agit du Test de la rotation Niébé – mil, Test de l'association Niébé / mil, Test de la fumure organique (poudrette de parc et parcage au champ), Test de la fumure minérale (PNT et fertilisation localisée par poquet) sur la variété locale de mil et de sorgho.

Les terrains choisis sont de type sableux, sablo-limoneux, argileux suivant le type de culture (mil, sorgho) relativement plats, et homogènes nous avons tenu compte des gros arbres pouvant influencer sur la végétation des plants. La préparation du sol est faite à la charrue dans toutes les parcelles de test et a consisté à faire le labour à billons. Les parcelles élémentaires ont une superficie de 150m^2 (15m x 10m). Les intrants utilisés pour les différents traitements sont : Le complexe 15 15 15, le PNT, la fumure organique de bovin et de petits ruminants, le Niébé, le mil et le sorgho (les variétés du paysan).

Les dispositifs expérimentaux sont les mêmes pour tous les tests, ce sont des parcelles d'observations à quatre répétitions et les traitements varient suivant le test. Les parcelles sont matérialisées par des repères. La densité de semis du mil et du sorgho est de 0,80 m entre les lignes et 0,75 m entre les poquets. Le mil et le sorgho sont semés à plusieurs graines par poquets (minimum 8 graines) en ligne. Toutes les cultures ont été démarriées à deux plants par poquets dix à quinze jours après le semis au premier sarclage et en condition d'humidité suffisante du sol. Tandis que pour les tests de rotation, avec le Niébé en tête de rotation et l'association la densité de semis du niébé : 0,85 m entre les lignes et 0,75 m entre les poquets. Le semis est de deux à trois graines par poquet et en ligne. Les lignes de mil alternent avec les lignes de niébé. trois traitements phytosanitaires du Niébé ont été faits : le premier à 50% floraison, le second dix à quinze jours après le premier et le troisième dix à quinze jours après le deuxième au Décis à 1 litre à l'ha. Deux sarclages à la charrue ont été faits : le premier sarclage 10 à 15 jours après la levée, le 2ème sarclage à 20 jours après le premier. Toutes les opérations pour chaque test ont été effectuées le même jour pour tous les traitements.

Données à collecter et méthode d'analyse

Le suivi de l'état végétatif des plants pendant leur cycle (germination, tallage, démarriage, date de 50 et 100% floraison, épiaison et maturation) a permis d'estimer la densité du mil et celle du sorgho après démarriage, et à la récolte par comptage des plants par poquet de la parcelle élémentaire. Les rendements grains, biomasse (épi, feuille, tige, racines), ont été évalués. La quantité de main d'œuvre utilisée et les temps des travaux ont été estimés. Pour évaluer l'effet des précédents sur la fertilité, des échantillons de sols ont été prélevés au niveau des horizons 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60 avant le semis et après la récolte pour déterminer leur teneur en matière organique, et en éléments minéraux tels que le N,P,K, la texture, les bases échangeables. Les plantes sont analysées pour déterminer leur taux en N, P, K. Les résultats des analyses ne figureront pas dans ce rapport

Résultats et discussions préliminaires des essais (a suivre après les récoltes)

Dans la commune de Madiama la pluviométrie cumulée de la campagne 2000-2001 est supérieure a 700 mm, elle est relativement bien répartie pour ce qui concerne le village de Madiama ou se situe bon nombre de nos tests.

- Les parcelles qui ont été cultivées l'année précédente en niébe + PNT (tableau 4) offrent un rendement en grains et en biomasse plus

Conclusion

l'application des doses recommandées par la recherche au poquet de micro dose d'engrais minéraux tel que le Complexe 15-15-15 6g/poquet et le DAP18-46-0 (2g/poquet) et celle de la fumure organique (bovin et petits ruminants) 5t/ha/3 ans ou 1 à 2t/ha/an en combinaison ou pas avec la fumure minérale, le phosphate Naturel de Tilemsi (300kg PNT/ha/an et 600kg PNT/ha/3ans) contribuent a de amélioration du cycle de l'eau et des nutriments de l'écosystème et permettent d'obtenir une production plus élevée afin d'améliorer la **qualité de la vie des paysans**, qui est des but de la gestion holistique. L'intensification de la production doit permettre la réduction des terres cultivées et l'introduction de jachères de courte avec les **successions ou les dynamiques communautaires** qui joue un rôle important dans la production animale.

L'élevage a un avantage comparatif pour la commune de Madiama, qui regroupe agriculteurs, éleveurs et agro-éleveurs. L'intégration des productions végétales et animales permet un accroissement de l'efficacité des productions végétales dans un système où la jachère n'assure plus la reproduction des systèmes. Compte tenue de la forte pression animale et humaine le parcage des bovins (2, 5, 10 jours) dans les champs constitue une opportunité de fertilisation des sols dans la commune de Madiama. Il est à moindre coût lorsqu'il est bien organisé, il permet le rapprochement des paysans et des éleveurs et surtout **une réduction des conflits**.

le système de rotation niébé/mil enrichie de PNT, le système d'association mil-niébé enrichie de PNT. L'introduction des légumineuses dans l'assolement offre trois avantages : la fourniture de ressources fourragères, la **diversification** de nourriture (légumineuses) et de l'amélioration de la fertilité du sol par et la fixation symbiotique de l'azote.

La méthodologie d'identification par PLLA et revue bibliographie des technologies utilise une approche participative qui met en contribution et les producteurs pour ce qui concerne les contraintes du milieu et les solutions possibles pour lever ces contraintes les chercheurs et les autres partenaires pour l'introduction et la mise œuvre de technologies adaptées.

Une analyse a la gestion holistique est basée sur une analyse globale prenant en compte tous les acteurs qui contribuent au développement du système. Elle permet d'identifier d'une manière plus efficace les action de recherche et de développement dans un cadre de **concertation pluridisciplinaire**.

Bibliographie

SANREM CRSP West Africa ; PLLA ; Synthèse du Diagnostic Participatif Réalisé à Madiama, Nerekoro et Tombonkan du 1^{er} au 14 février 1999 au Mali

Wedum J., Yaya , Doumbia Y., Sanogho B., Dicko G., Cisse O., 1996 : Réhabilitation des terres dégradées : Le Zaï, dans le cercle de Djenné (au Mali).

Kieft H., Keita N., et van der Heide A., 1994 : Engrais fertiles? Vers une fertilité durable des terres agricoles au Mali.

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

Bationo, A., et Vlek, P.L.G. 1997. The role of nitrogen fertilizer applied to food crops in the Sudano-Sahelian zone of West Africa.

Klaij, M.C., et Ntare, B.R. 1995 : Rotation and tillage effects on yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*), and aspects of crop water balance and soil fertility in a semi-arid tropical environment. *Journal of Agriculture science* 124:39-44

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

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

Bulkert A.C., Muchling B., et Bationo A., 1998 : Application de phosphore au poquet sous forme d'engrais N-P-K sur le mil.

Koné Y., et al., 2000 : Perception des acteurs sur la gestion de la fertilité des sols.

Pieri C., 1989 : Fertilité des terres de savanes 444p

DRSPR (Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale), 1992. Éléments de

reconnaissance générale dans les zones du Séno et du Delta en 5ème région.

Traoré, M; Van Der Pool, P; 1990. La régénération des pâturages dégradés de Kaniko. DRSPR /VF. Sikasso.

Djiteye M.A., 1998 : les légumineuses. Guide PSS N°1 ; 71p

Veldkamp W.J, Traore A, N'Diaye K, Keita M.K, Keita B, Bagayogo M. 1991 : Fertilité de sols du Mali : Mali-Sud/ Office du Niger : Interprétations des données analytiques des sols et plantes. Décembre 1991.

Sonko M.I.1986 Méthodologie de l'étude des pratiques traditionnelles de fumure animale. L'exemple de la démarche adoptée par l'ISRA en Basse Casamance In : Landais . E , Liboste . P , Guerin . H. 1990 : Savane d'Afrique, Terres fertiles ? : Systèmes d'élevage et transferts de fertilité

Dugue P., 1989 : Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de cultures vivrières en zone Soudano – Sahélienne : Le cas du Yatenga (Burkina Faso)

CIPEA, 1995, 1996 : Rapports annuels et synthèses des programmes.

Landais et al., 1990 : Systèmes d'élevage et transferts de fertilité in Savane d'Afrique, Terres fertiles ? : Acte de rencontre internationale a Montpellier du 10 – 14 décembre 1990.

ANNEXE 1

Tableau 1 : Effectif par village de cheptels bovins Ovins et caprins de la commune de Madiama et le nombre moyen d'animaux par ménage.

Villages	Nombre de ménages	Effectif de bovins		Effectifs des Ovins et Caprins	
		Effectifs déclarés de bovins	Effectifs moyen de bovins par ménage	Caprin	Ovin
rokoro	74	100	1,35	300	150
rékoro	54	1700	31,48		