

# Rapports PSS N°18 (Chapitre 1,2 3 et 4)

Production Soudano-Sahélienne (PSS)  
Exploitation optimale des éléments nutritifs en élevage

Projet de coopération scientifique

## Utilisation des résidus de récolte et du fumier dans le Cercle de Koutiala : Bilan des éléments nutritifs et analyse économique

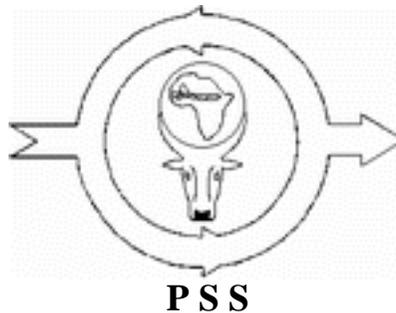
Thèse pour obtenir le titre de Docteur de Spécialité, Option : Agro-  
Economie\*

Oumarou Samba CAMARA\*\*

\*ISFRA, B.P. 241, Bamako

\*\*Institut d'Economie Rurale (IER), B.P. 258, Bamako

IER, Bamako  
AB-DLO, Wageningen, Haren  
DAN-UAW, Wageningen



Rapports PSS N° 18

Wageningen, 1995

Rapports du projet Production Soudano-Sahélienne (PSS)

---

Numéro 18

## Table des matières

- [Avant-propos](#)

- [Dedicace](#)
- [Resumé](#)
- [1. Introduction](#)
- [2. Méthodologie de recherche](#)
  - [2.1. Méthode de collecte des données](#)
    - [2.1.1. Choix des villages](#)
    - [2.1.2. Choix des unités de production](#)
    - [2.1.3. Organisation - Calendrier des opérations](#)
    - [2.1.4. Choix et justification des variables](#)
  - [2.2. Analyse des données](#)
- [3. Presentation de la zone d'etude](#)
  - [3.1. Situation géographique](#)
  - [3.2. Ressources en terres](#)
  - [3.3. Ressources humaines](#)
  - [3.4. Activités agricoles](#)
  - [3.5. Ressources animales](#)
  - [3.6. Activités et infrastructures socio-économiques](#)
    - [3.6.1. Les institutions](#)
    - [3.6.2. Les marchés](#)
    - [3.6.3. Les organisations paysannes](#)
    - [3.6.4. Unités industrielles](#)
- [4. Caracteristiques des exploitations enquêtées](#)
  - [4.1. Ressources humaines au niveau des exploitations](#)
  - [4.2. Disponibilités en terre](#)
  - [4.3. Cheptel](#)
  - [4.4. Equipement](#)
  - [4.5. Distance](#)
  - [4.6. Productions principales](#)
- [5. Analyse et interpretation des resultats](#)
  - [5.1. Production pailles et formes d'utilisation](#)
    - [5.1.1. Production paille](#)
    - [5.1.2. Disponibilités en éléments nutritifs](#)
    - [5.1.3. Avantages et Inconvénients des différentes formes d'utilisation](#)
    - [5.1.4. Flux physique des résidus de récolte](#)
  - [5.2. Contraintes à l'utilisation des résidus de récolte](#)
  - [5.3. Utilisation de la fumure organique](#)
    - [5.3.1. Description des types de fumure organique rencontrés](#)
    - [5.3.2. Provenance de la fumure utilisée](#)

- [5.3.3. Période de transport et main d'oeuvre](#)
- [5.3.4. Quantification des différents types de fumure utilisée](#)
- [5.4. Flux physique des nutriments](#)
  - [5.4.1. Description du système](#)
  - [5.4.2. Méthodologie de calcul du bilan](#)
  - [5.4.3. Exportations](#)
  - [5.4.4. Importations](#)
  - [5.4.5. Résultats](#)
- [5.5. Utilisation optimale des résidus de récolte](#)
  - [5.5.1. Définition des stratégies](#)
  - [5.5.2. Restrictions](#)
  - [5.5.3. Applications](#)
- [6. Conclusions et recommandations](#)
  - [6.1. Conclusions](#)
  - [6.2. Recommandations](#)
- [Bibliographie](#)
- [Liste des sigles et abréviations](#)
  - [Annexes](#)
    - [Annexe 1](#)
    - [Annexe 2](#)
    - [Annexe 3](#)
    - [Annexe 4](#)

---

« The research for this publication was financed by the Netherlands' Minister for Development Co-operation. Citation is encouraged. Short excerpts may be translated and/or reproduced without prior permission, on the condition that the source is indicated. For translation and/or reproduction in whole the Section DST/SO of the aforementioned Minister should be notified in advance (P.O. Box 20061, 2500 EB The Hague). Responsibility for the contents and for the opinions expressed rests solely with the authors ; publication does not constitute an endorsement by the Netherlands' Minister for Development Co-operation ».

## Avant-propos

Cette étude a été financée dans le cadre du projet Productions Soudano-sahéliennes (PSS). Le PSS est un projet de coopération scientifique entre l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali et l'Institut de la biologie agronomique et de la fertilité du sol (AB-DLO) des Pays-Bas. Il est conjointement financé par les gouvernements Maliens et Néerlandais. Basé au centre de recherche agronomique de Niono, sa zone d'intervention couvre les isohyètes de 300 mm à 900 mm. Son objectif principal est la recherche d'activités de production durables permettant l'utilisation efficace de l'azote et du phosphore. En outre, il

s'est fixé comme objectif, la formation de chercheurs maliens en vue d'accroître leur efficacité. C'est dans ce cadre que cette formation a été initiée avec l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA) au Mali.

Au terme de cette formation, qu'il me soit permis d'adresser mes remerciements :

- A la Direction de l'Institut d'Economie Rurale, pour m'avoir autorisé à suivre cette formation.
- A la Direction de l'AB-DLO, pour l'heureuse initiative qu'elle a eu en inscrivant la formation parmi ses priorités.
- A la Direction de l'ISFRA, et à tous ceux qui ont assuré les cours théoriques, pour tous les efforts consentis en vue de sa réussite.
- A mon Directeur de Thèse, le Docteur Evert Jan Bakker, pour avoir accepté de diriger cette thèse et s'y être pleinement consacré. Je lui exprime toutes mes reconnaissances pour sa grande disponibilité.
- Au Docteur Hallassy Sidibé pour avoir accepté la présidence du jury de soutenance.
- Au Docteur Makan Simon Sissoko, membre du jury.
- Au Docteur Herman Van Keulen, membre du jury.
- Au Docteur Siegfried Debrah, membre du jury.
- Au Docteur Sekou Diani, membre du jury.
- A la Direction journalière du projet PSS, pour les facilités accordées dans le cadre de nos travaux.
- A Monsieur Wim Quak, agronome de l'Equipe Modélisation des Systèmes du projet, pour son appui constant tout le long de mes travaux. Encore une fois, merci, WIM.
- Au Docteur Henk Breman, chef du programme PSS, pour ses suggestions.
- A Keffing Sissoko et Sidi Mohamed Touré de l'EMS, pour leur très franche collaboration.
- A la Direction Régionale de la CMDT de Koutiala et à tout le staff technique des secteurs CMDT, pour leur bonne collaboration.
- Aux laborieux paysans du cercle de Koutiala qui se sont volontiers prêtés à nos questions.
- Au Docteur Henk Moll, professeur à l'Université Agricole de Wageningen (PAYS-BAS) pour avoir guidé nos pas.
- A Monsieur Ruurd Ruben, professeur à l'Université Agricole de Wageningen (Pays-Bas), pour l'intérêt qu'il a porté à cette étude et les contributions scientifiques apportées à sa réalisation.
- A Monsieur Gideon Kruzeman du projet DLV aux Pays-Bas, pour m'avoir initié à l'analyse informatique des données et pour les discussions intéressantes que j'ai avec lui tant aux Pays-Bas, qu'au Mali.
- A Mlle Ami Koita, secrétaire au PSS, pour le temps consacré à l'arrangement du texte.
- A tout le personnel du projet PSS, pour les moments agréables passés ensemble.
- A mes collègues du DRSPR/Sikasso pour leurs encouragements.
- A mes enquêteurs dont le courage a permis de mener l'étude à bout.
- A Monsieur Karounga Camara, Biométricien à l'IER, pour son appui dans l'analyse des données.
- A mes camarades de promotion de l'Institut Polytechnique Rural de Katibougou opérant dans la région CMDT de Koutiala, pour l'accueil convivial qu'ils m'ont réservé.
- A tous mes parents et amis de Niono et Koutiala, pour leurs aides et encouragements.

## Dedicace

A feu mon père El hadj Samba Camara à qui je dois tout

A ma mère Hadja Kadiatou Diallo qui a toujours été  
à mes côtés aux moments difficiles

A mon épouse Fatimata Diakité pour  
l'affection qu'elle m'a toujours témoigné

A mes enfants Moussa et Mohamed qui ont souffert  
de mes longues périodes d'absence

## Resumé

Suite à l'accroissement démographique, la pression sur les ressources est de plus en plus grande dans le cercle de Koutiala. La jachère qui était la méthode traditionnelle de restauration de la fertilité des sols a été fortement raccourcie, voire abandonnée. Au rythme actuel d'exploitation des ressources, le problème de la durabilité des systèmes est clairement posé. La dégradation a un caractère insidieux, ce qui fait qu'elle n'est pas immédiatement perceptible. Mais, selon certains auteurs, elle se manifeste déjà par une modification des caractéristiques physico-chimiques du sol et par l'apparition de certains indices. Les approches de solution proposées sont pour certains, une utilisation massive d'intrants chimiques et pour d'autres, une plus grande valorisation des ressources locales, notamment la fumure organique. Par contre, selon certains auteurs ni l'une ni l'autre des deux approches n'est en mesure de résoudre le problème posé. C'est pourquoi, la tendance est à l'approche intégrée, combinant l'emploi des intrants chimiques et de la fumure organique.

La présente thèse s'intéresse à la fumure organique à travers les résidus de récolte et le fumier d'une façon générale. L'objectif visé est la description de la gestion de ces produits en milieu paysan, l'identification des facteurs socio-économiques qui influent sur cette gestion, et ses conséquences sur le bilan des éléments nutritifs. Enfin, dans la dernière partie, nous tentons, à partir d'un modèle d'optimisation, de nous prononcer sur l'utilisation optimale des résidus de récolte dans trois unités de productions ayant des caractéristiques différentes du point de vue de la disponibilité en ressources.

Pour atteindre ces objectifs, des enquêtes ont été menées auprès des paysans dans les six arrondissements du cercle. Deux villages d'enquête ont été choisis dans chaque arrondissement. Dans chaque village, un échantillon de paysans a été pris pour constituer le domaine de recherche.

Elles ont duré une campagne et plus précisément pendant l'inter-campagne, car c'est à cette époque que s'effectuent les travaux sur les résidus de récolte et le fumier. En effet, c'est pendant la saison sèche qu'a lieu toutes les opérations ayant trait à l'emploi des résidus de récolte: la pâture au champ, le transport, et le brûlage. C'est à cette même période que s'effectue le transport du fumier au champ.

Les résultats montrent que dans la zone de Koutiala, il y a une disponibilité relativement importante en résidus de récolte, en raison d'une part de l'importance des superficies emblavées et du rapport paille/grain des variétés cultivées. Il y a lieu de préciser que les résidus de récolte dont il est question ici, sont les pailles.

Ces pailles, selon leur nature, sont diversement utilisées par les paysans. Cette utilisation a lieu aussi bien au champ qu'aux étables. Ainsi, les pailles de céréales et les fanes des légumineuses qui sont les plus appréciées par les animaux, sont soit laissées à la pâture libre au champ ou transportées aux étables puis stockées en vue d'atténuer les effets négatifs des périodes de déficit fourrager survenant au cours de la saison sèche.

En raison de la plus ou moins forte lignification des pailles de céréales, il reste toujours après la pâture des animaux, une fraction non ingérée, constituant les refus.

Ces refus, ainsi que la totalité des pailles de coton qui ne sont pas broutées, sont soit brûlés ou transportés en vue d'être utilisés comme litière au moment du nettoyage du champ. Il ressort des résultats que le brûlage porte encore sur une proportion élevée de pailles. De même, la pâture des pailles de mil/sorgho est une pratique presque généralisée.

En considérant que le brûlage entraîne des pertes en nutriments, notamment en azote dont le niveau de perte est estimé à 100 %, ce sont donc d'énormes quantités qui sont perdues. L'une des conséquences les plus fâcheuses de cette pratique est qu'elle influe négativement sur le bilan des éléments nutritifs. Des analyses ont été faites afin d'identifier les facteurs qui conduisent les paysans à ce type de comportement. L'hypothèse qui était à la base de ces analyses est que l'attitude des paysans dépend de leur disponibilité en ressources, notamment en main d'oeuvre, en cheptel, en équipement, en terre. De même, il a été supposé que le facteur distance entre le champ et le lieu de résidence de l'exploitant peut influencer sur l'utilisation des résidus de récolte. Les résultats de ces analyses indiquent qu'il n'y a presque pas de relation directe entre la disponibilité dans les ressources cités et la gestion des résidus de récolte. Même là où il y a une corrélation entre les facteurs en question, l'intensité de leur lien est très faible.

Pour ce qui concerne la fumure organique, les résultats révèlent que les types employés dans la fertilisation des champs sont, entre autres, les déjections animales mélangées ou non aux pailles, et les ordures ménagères. Les proportions en ordures ménagères sont toutefois plus importantes que les autres catégories.

Le transport de la fumure au champ constitue la tâche à laquelle il est consacré beaucoup de main d'oeuvre dont on peut calculer le coût d'opportunité. Autrement, aucun autre type d'investissement n'a été signalé. La solidarité entre certaines exploitations fait qu'elles s'entraident au cours du transport. De même, les exploitations ne possédant pas de moyens de transport font souvent recours à l'emprunt et exceptionnellement à la location. Ceci fait que les quantités produites sont rarement inutilisées. De même, le mode de transport est tel que les pertes sont négligeables. Il n'y a donc pas de mauvaise gestion à ce niveau. Le problème qui se pose est plutôt celui du volume et de la qualité de la production.

En relation avec les productions réalisées, les apports d'engrais et de fumier effectués au cours de ce processus, la gestion des résidus de récolte, le bilan des éléments nutritifs a été estimé. Ceci a pour but de mesurer les conséquences qui peuvent découler de la gestion des résidus. Les résultats révèlent que le bilan de l'azote est négatif dans la quasi-totalité des unités de production enquêtées. L'analyse par village révèle que le déficit est plus accusé dans les villages où la pratique du brûlage est très répandue.

Au regard des restrictions actuelles en ressources, l'utilisation optimale des résidus de récolte est plus qu'une nécessité. Aussi, nous sommes-nous intéressés aux modes d'utilisation des résidus qui seraient optimales. Pour ce faire la méthode de programmation linéaire a été utilisée. Le modèle élaboré a été appliqué dans trois exploitations présentant des caractéristiques différentes. Les résultats révèlent que les réponses données par le modèle sont différentes des pratiques qui ont actuellement cours dans les exploitations concernées, à l'exception de ceux relatifs à la gestion des fanes.

## 1. Introduction

Le problème essentiel de l'agriculture dans la zone de Koutiala est celui de la reproductibilité des systèmes de production actuels. En d'autres termes, il n'est pas sûr qu'au rythme actuel d'exploitation des ressources, notamment en sols, l'on puisse garantir de façon permanente, une production agricole satisfaisante.

Les causes de ce problème sont aussi bien endogènes, qu'exogènes. Les causes endogènes peuvent être attribuées à un certain nombre de changements intervenus dans le milieu et ayant conduit à la rupture des équilibres anciens. Nous nous apesantirons ici sur les causes endogènes.

Le premier fait marquant qu'a connu notre société, est la croissance de la population. Cet accroissement est due à un taux de natalité très élevé et qui ne faiblit pas et à un taux de mortalité plus faible et qui diminue doucement (Giri, 1983). En effet, selon les résultats du recensement général de la population, le taux de croissance de la population au Mali est de 3 % par an (MAEE, 1992).

Comme corollaire à cette croissance démographique, les demandes en denrées alimentaires se sont accrues. La satisfaction de ces besoins s'est faite le plus souvent par l'extension des superficies cultivées et l'augmentation de la taille du cheptel, plutôt que par une intensification de la production. Ceci s'est traduit dans le domaine de l'agriculture par l'extension des terres cultivées aux sols marginaux autrefois réservés au domaine forestier. En plus de l'extension des superficies cultivées, consécutivement à l'accroissement des besoins alimentaires à couvrir, il faut ajouter celle due à l'introduction et à la généralisation de la culture du coton sous l'impulsion des organismes d'encadrement de cette culture, dont la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles (CMDT). L'amélioration des techniques de production qui permettent désormais de réduire la pénibilité du travail et de décupler l'effort humain a beaucoup contribué à cela.

A l'extension des surfaces cultivées, il faut ajouter celle du cheptel. Traditionnellement agriculteurs, les

paysans ont été initiés aux techniques de l'élevage par le biais de la culture attelée. Ils sont ensuite progressivement devenus des agro-éleveurs avec la capitalisation des revenus du coton dans le bétail (Diarra, 1984). La conséquence de tout ceci est qu'il s'exerce de plus en plus une forte pression sur le foncier (CMDT,1993 ; Kleene et al, 1987).

Avec cette pression, la forme traditionnelle de maintien de la fertilité du sol par la jachère est de plus en plus abandonnée. Or, jadis, l'agriculture itinérante avec des périodes de jachères de 15 à 30 ans était de règle (Pieri, 1989 ; Hijkoop et al, 1989). Cette pratique permettait de restaurer la fertilité des sols au profit des cultures. Douzet (1993) signale que depuis une vingtaine d'années, les terres cultivables disponibles se sont raréfiées dans un certain nombre de terroirs de la zone de Koutiala, rendant difficile la pratique de la jachère. Les jachères de longue durée sont donc de plus en plus abandonnées au profit de jachères de plus courte durée, voire de cultures continues.

Selon Borderon (1989), cette évolution fait que l'on observe dans certaines régions du Mali-Sud, notamment celles de Koutiala et de Sikasso une dégradation du potentiel productif. Celle-ci se manifeste de façon insidieuse, donc non immédiatement perceptible, par différentes évolutions physico-chimiques du sol, dont l'effet le plus visible est la disparition à terme des grandes graminées sauvages (Andropogonacées) à bonne qualité fourragère et signe de fertilité et leur remplacement par des espèces de plus en plus petites de moindre intérêt.

Il ressort de l'ouvrage de Pieri (1990) que l'estimation des bilans organiques des sols cultivés aboutit à un constat de déficit généralisé. Selon cet ouvrage, lors de la mise en culture d'un sol, le stock de matière organique est de l'ordre de 1.5 à 2.5 %. Au cours des premières années de culture, la minéralisation est rapide, puis elle se ralentit et se situe entre 1 et 1.5. On est alors en présence d'une vitesse de minéralisation de l'ordre de 2 % de la teneur par an. Ces données valables pour les sols limono-sableux demandent à être nuancées pour les sols très sableux, où la vitesse de minéralisation se situe à 4 % par an et les teneurs moyennes en matière organique avoisinent 0.5 %. Le déficit du bilan organique est l'une des causes fondamentales de la dégradation des terres pluviales en zone des savanes au sud du sahara.

Pour freiner cette évolution, il faudrait, en l'absence d'une possibilité de recours à la jachère, une utilisation d'engrais et de fumure organique (De Ridder & Van Keulen, 1990). Or, Raymond et al (1990) signale à partir d'estimations faites en zone Mali-Sud (1988-89), que la quantité de fumure organique épandue par unité de surface cultivée est en moyenne, de 0.3 t.

La situation n'est pas non plus brillante du point de vue de l'utilisation des engrais. Van der Pol (1990) a conclu dans son étude sur le bilan des éléments nutritifs, que 40 % du revenu des agriculteurs de la zone Mali-Sud est obtenu au dépend d'un épuisement des sols. Ceci fait donc ressortir clairement la faible utilisation de ces intrants par rapport aux exportations des cultures, surtout les céréales. Dans l'état actuel, la gestion de la fertilité se traduit par un bilan négatif des éléments nutritifs et de la matière organique.

A terme, ceci entraînerait de graves problèmes de dégradation pouvant compromettre de façon

irréversible la capacité de production des sols. Comme corollaire, cela risquerait d'entraîner une paupérisation des paysans qui se traduirait inévitablement par l'exode rural avec tout ce que cela comporte comme inconvénient. Des solutions viables doivent donc être recherchées afin d'arrêter sinon ralentir ce processus. En somme, il faudrait prendre des mesures permettant de produire davantage pour satisfaire les besoins croissants des populations, tout en maintenant la capacité de production du sol : d'où, le concept de durabilité. Selon Barbier (1994), la définition la plus célèbre et la plus communément admise de la notion de durabilité est celle du rapport "Our common futur" de la WCED (1987), surnommé rapport Brundtland : "Un développement durable satisfait les besoins de la génération présente sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs".

Pour concilier la nécessité de produire davantage afin de faire face aux besoins croissants des populations et préserver le sol contre la dégradation, deux thèses sont généralement avancées. Celle qui soutient la faible utilisation des intrants extérieurs et celle qui suggère l'utilisation de ceux-ci en grande quantité. Selon Hainnaux (1980), même l'apport de grandes quantités d'engrais ne permettrait pas forcément d'équilibrer le bilan des éléments nutritifs, en raison de l'importance des pertes par érosion, lixiviation, et volatilisation. Par ailleurs, il ressort des études du DRSPR (Rapports Commissions Techniques, 1989, 1990, 1991) que beaucoup de sols de la zone 'Mali-Sud' sont acidifiés ( $\text{pH} < 5.5$ ) du fait de l'utilisation des engrais. Les expérimentations conduites confirment de façon quasi unanime que l'acidification des terres cultivées ne recevant qu'une fumure minérale est un processus généralisé et parfaitement perceptible à l'analyse (Pieri, 1990). Berger (1990) signale que des observations ont montré qu'en dessous d'un certain niveau de matière organique (0.6 % en sols limono-sableux) les réponses aux engrais minéraux devenaient très limitées voire nulles. Par ailleurs, il avance que dans certaines situations, ces faibles teneurs s'accompagnent de phénomènes de toxicité aluminique réduisant la production en dessous de seuils économiques tolérables. En conséquence de ce qui précède, l'utilisation d'engrais en grande quantité ne constitue pas en tant que telle une solution à l'épuisement des sols. Elle doit faire partie d'une stratégie globale de modification du système de production.

Sur la question de l'amélioration de la fertilité des sols, il faut signaler que l'hypothèse du projet Productions Soudano-Sahéliennes (PSS, 1991) est qu'en combinant l'utilisation des intrants de l'extérieur, c'est-à-dire, les engrais chimiques, avec les restitutions organiques, il est possible de générer des activités de production permettant d'augmenter les niveaux de rendements des cultures tout en maintenant le sol en équilibre du point de vue des éléments nutritifs et de la matière organique.

D'où la nécessité de mieux valoriser les ressources disponibles localement. Cela commence par une meilleure valorisation des potentialités en matière organique au niveau de l'exploitation. Or, selon Greenland (1977), les ressources organiques font l'objet d'un gaspillage, à travers les feux de brousse et le brûlage des résidus de récolte bien que les principes généraux de leur recyclage aient été établis depuis longtemps.

Cette étude a pour objet de contribuer à une meilleure connaissance de ces potentialités, de décrire leur utilisation et d'analyser les causes et les conséquences des différentes formes d'utilisation, et enfin de rechercher les voies permettant leur utilisation efficace.

Les études agronomiques et zootechniques effectuées sur ces sujets permettent d'avoir un aperçu général sur la question.

Poulain (1980) (cité par Bationo et al, 1991) indique que le recyclage des résidus de récolte est important pour les raisons suivantes :

- Les quantités de nutriments contenus dans les résidus de récolte sont sept à huit fois plus élevées que celles apportées par l'application des engrais dans les pays en développement.
- Les résidus de récolte contiennent des éléments nutritifs absents dans les traditionnelles formules d'engrais NPK.
- La fumure organique et les engrais ont un rôle complémentaire si bien que leur utilisation combinée entraîne de meilleurs rendements.

Avnimelech (1991) signale que le fumier et les composts ont été utilisés comme moyen d'accroître la fertilité des sols tout au long de l'histoire de l'agriculture. Par ailleurs, il est admis que l'on peut limiter les pertes et donc parvenir à une plus grande efficacité d'utilisation des engrais, par l'apport de matière organique en quantité suffisante sur les champs.

Selon Berger et al (1987), le problème du maintien de la fertilité des sols en zone soudanienne semble pouvoir être résolu dans la mesure où une politique de restitutions organiques peut être systématiquement appliquée dans les exploitations. Bien que cela puisse paraître très optimiste, on peut tout de même dire que la prise en compte et l'utilisation la plus efficace des résidus organiques est indispensable dans toute politique de maintien de la fertilité.

Pichot et al (1974), suite à une étude sur l'enfouissement des pailles de mil dans les sols sableux du Niger conclu de l'intérêt de cette technique pour améliorer la fertilité du sol.

Toutefois cela s'avère très difficile compte-tenu de la pression pastorale qui induit des besoins grandissants en fourrage pour les animaux. Owen (1987) signale qu'en prévision du doublement de la population en l'an 2025, la production céréalière devrait augmenter. Avec cette pression sur la terre en vue de la production alimentaire, il restera peu d'espace pour la production fourragère. Les résidus de récolte devront alors jouer un grand rôle dans l'alimentation du cheptel.

Breman et Traoré (1987), après avoir procédé à l'analyse de la situation fourragère au Mali, note que seule une intensification de la production agricole permettant de produire des résidus de récolte et sous-produits de bonne qualité pour l'amélioration de la situation fourragère est à même d'entraîner également le succès de l'élevage et la lutte contre la dégradation de l'environnement.

Quilfen et al (1981), dans une étude sur les relations agriculture-élevage en Haute-Volta, signale que les résidus de culture constituent une réserve fourragère appréciable.

L'utilisation des résidus de récolte constitue l'un des thèmes prioritaires de vulgarisation de la CMDT depuis un certain nombre d'années (CMDT, 1990). Elle est conseillée d'une part comme ressources

fourragères en vue de pallier la pauvreté des pâturages en saison sèche, et d'autre part comme litière dans les parcs améliorés et dans les fosses à fumier dans le but d'accroître la production de fumure organique. Les conditions de valorisation des résidus ont fait l'objet de nombreuses études. Hénin et al (1969) cité par Berger (1990) indique que l'enfouissement de 2 tonnes de pailles de maïs dans de bonnes conditions donne environ 300 kg d'humus stable. Pour les résidus de mil et de sorgho, les normes dégagées des études réalisées indiquent selon Berger qu'il faut une nuitée de bovin pour écraser 5 kg de résidus de sorgho. Cette technique permettrait selon la même source de récupérer sous forme de fumier 1.5 fois le tonnage des résidus initiaux.

Toutefois, il manque des données quantitatives sur les diverses formes d'utilisation des résidus de récolte et du fumier par les principaux acteurs de la production, c'est-à-dire, les unités de production. De même, la main d'oeuvre requise pour la réalisation d'opérations telles que le transport du fumier au champ ou le transport des résidus de récolte n'est pas connue ; l'efficacité de ces opérations en terme de proportions perdues n'est pas connue ; le mode de conduite des animaux avec une différenciation du lieu de pâture entre le champ et le pâturage n'est pas connu non plus dans un tel système où agriculture et élevage sont intégrés. De plus, l'utilisation des résidus de récolte, même si elle est encouragée, dépend en dernier ressort de la décision des paysans. Les conditions économiques (disponibilité en facteurs de production) qui influent sur ces décisions ne sont pas très claires. En plus de ces aspects qui seront traités dans cette étude, elle peut contribuer à mieux définir les coefficients techniques utilisés dans le modèle développé par l'Equipe Modélisation des Systèmes du projet PSS. Le but de cette équipe est la définition d'un ensemble d'activités de production durable et l'analyse de ces activités à l'aide d'un modèle de programmation linéaire pour la planification à buts multiples. Ces activités de production durable sont définies comme des options techniques incluant l'utilisation du fumier et des résidus de récolte.

En plus de ces problèmes d'ordre agronomique, il faut ajouter le problème économique. Pieri (1989) note que si l'utilisation des engrais pour les cultures de Cotonnier ne cesse de croître, il faut bien reconnaître que l'application de la fertilisation pour les céréales de culture sèche ne connaît pas le même essor. Il s'agit là, surtout des cultures du mil et du sorgho. En effet, la situation était différente dans le cas du maïs au cours des années 1980, car le marché du maïs était assuré et par conséquent, les paysans faisaient l'effort nécessaire pour intensifier cette culture, notamment par l'apport de fertilisants. Il semble selon son étude que cette situation s'explique par le rapport de prix extrêmement défavorable qui existe au Mali entre les engrais minéraux et les produits agricoles. Cela avait conduit selon Poulain (?), la plupart des pays à subventionner largement l'engrais distribué aux cultivateurs. Le prix des engrais a donc augmenté suite à la suppression de la subvention et plus récemment à la dévaluation de 50 % du Franc CFA en Janvier 1994. Cette dernière pèse lourdement sur le coût des produits importés dont dépend la production. Or, à part le phosphate naturel de Tilemsi, le Mali dépend de l'extérieur pour son approvisionnement en engrais chimiques. Et cela requiert des devises importantes dont le pays ne dispose pas en raison de sa situation économique (balance des paiements défavorable). La preuve est que le Mali a bénéficié de dons d'engrais des Pays-Bas dans le cadre de l'équilibre de sa balance commerciale. Les données fournies par la Fertilizer Economic Studies Limited (Fertecon), indiquent que près des deux-tiers des importations d'engrais dans les pays au sud du Sahara étaient financées par l'aide en 1985 (Gerner et al, 1993). Selon la même source, cette dépendance vis à vis de l'aide extérieure était de près de 100 % pour le Mali de 1985 à 1990.

Il semble que le coût de transport élevé dans les pays continentaux est plus importante que la relation entre le prix des engrais et celui des produits et que ceci rendrait l'utilisation des intrants extérieures inefficaces. Bien que les questions relatives au prix des engrais dominant dans les débats, il est reconnu que les efforts de subvention n'ont pas souvent réussi. La raison fondamentale de cet échec est la difficulté que les agriculteurs éprouvaient à financer les engrais. Dans le cas du coton, le coût des engrais se déduit des recettes effectuées. Il en est autrement pour la production céréalière qui est essentiellement orientée vers la satisfaction des besoins d'auto-suffisance alimentaire des agriculteurs. D'où, la difficulté de financement des engrais par ces cultures.

Ce qui précède rend compte de l'importance des résidus de récolte et de l'enjeu qu'ils constituent.

S'il existe une bibliographie assez bien fournie du point de vue agronomique sur les résidus de récolte et le fumier, il n'en est pas de même dans le domaine économique. Néanmoins, on peut remarquer que dans la théorie économique, il y a quelques hypothèses importantes qui peuvent aider à une meilleure compréhension du problème. Il s'agit de théories relatives au changement technologique. Ces théories sont assez distinctes. Là où certaines se complètent ou se chevauchent en partie, d'autres sont contradictoires. Ainsi, selon la théorie de Rogers (1969, cité dans 'Méthodologie de la Recherche Socio-économique', 1990) qui est l'un des principaux auteurs du paradigme de la diffusion des innovations', la réticence à adopter les innovations est due à la prédominance dans les sociétés paysannes, d'attitudes et de valeurs traditionnelles, une préférence pour les habitudes et les anciennes façons de faire, une résistance au changement. Par contre, selon d'autres théories, lorsqu'en agriculture, la main d'oeuvre est abondante et la terre est rare, les agriculteurs cherchent des innovations permettant d'accroître la productivité de la terre. Parmi les auteurs de cette théorie, Boserup (1965), signale que la probabilité est faible qu'une population peu nombreuse et stagnante puisse dépasser le stade d'agriculture primitive et s'élever à un degré supérieur de technique et de développement culturel, mais dès lors qu'elle atteindra un niveau d'expansion démographique, elle éprouvera le besoin d'améliorer le sol et de procéder à d'autres investissements agricoles. Cela traduit clairement la relation qui existe entre l'accroissement démographique et l'intensité de l'agriculture. Dans son étude sur l'évolution agraire, l'auteur s'est attelé à démontrer que toute augmentation de la densité de population ou toute diminution de la superficie des terres disponibles par personne se traduit par une réduction des périodes de jachères, autrement dit par le passage à une culture plus permanente de la terre.

Binswanger et al (1987) ajoute que l'accroissement démographique et l'accès aux marchés sont les principaux éléments déterminants de l'intensification de l'agriculture. Ainsi dans leur étude sur la mécanisation agricole, ces auteurs mentionnent qu'il n'a été trouvé aucune région à faible densité de population où les cultures soient annuelles, ni aucune région à forte densité de population où soient pratiquées des systèmes à jachère forestière ou à jachère arbustive. Ils ajoutent que les sols lourds commencent à être utilisés lorsque l'accès aux marchés s'améliore. Les sols lourds à haute teneur en argile retiennent davantage l'eau et les nutriments et produisent par conséquent habituellement un rendement supérieur et plus certain que les sols légers, mais ils sont souvent difficiles ou impossibles à cultiver en l'absence d'investissements dans des ouvrages de maîtrise des eaux ou de drainage. Lorsque la densité de la population est faible, et que l'on ne dispose pas d'énergie animale ou mécanique, les sols

à faible teneur en argile sont cultivés avant les sols profonds et argileux. A mesure que la densité de population augmente, l'offre de main d'oeuvre s'accroît elle aussi, ce qui permet de procéder aux investissements de main d'oeuvre qu'exigent les travaux d'irrigation et de drainage. Les sols plus lourds commencent à être cultivés de façon plus intensive car ils offrent des rendements marginaux supérieurs sur les investissements en main d'oeuvre, d'engrais et de terre, spécialement dans le cas de la riziculture. Les pressions démographiques, par conséquent, ont pour effet d'inverser la préférence manifestée pour un type de sol plutôt que pour l'autre, les sols plus profonds et plus lourds étant alors cultivés plutôt que des sols légers et plus faciles à travailler. Cet exemple traduit la force de la donnée démographique sur l'évolution des systèmes agraires.

D'autre part, Ganesh et al (1992) indique qu'il y a un consensus au sein des économistes selon lequel le changement technologique doit jouer un rôle clé dans le développement de l'agriculture des pays en développement. Cela parce-qu'une augmentation de la production est souhaitée aussi bien pour la consommation que pour l'exportation. Selon ces auteurs, les technologies existent pour accroître la production mais elles ne sont pas adoptées par les agriculteurs. En conséquence, les sociologues ont développé une abondante littérature visant à identifier les facteurs socio-économiques affectant l'adoption technologique. Plusieurs facteurs tels que la taille des exploitations, le régime foncier, l'échelle de la production, la disponibilité des intrants et des crédits y afférent, l'accès au marché, les facilités de stockage et de distribution, la disponibilité de la main d'oeuvre familiale, l'équipement agricole, etc, ont été soupçonnés comme étant associés à l'adoption technologique par les paysans (Schutjer and Van der Veen, 1977 ; Feder, Just et Zilberman, 1985 tous cités par Ganesh et al, 1992). En dépit de cette recherche considérable et de l'attention accordée aux questions relatives à l'adoption technologique, un consensus n'a pas été dégagé en ce qui concerne les conditions socio-économiques conduisant les producteurs à adopter de nouvelles pratiques. Il n'est pas encore clair pourquoi certains paysans adoptent les technologies et d'autres ne le font pas.

Une autre hypothèse est que la motivation des exploitations à conserver leurs ressources dépend de la comparaison implicite qu'ils font entre les coûts encourus et les bénéfices de cette action. Le principal problème est celui de la main d'oeuvre dont le coût peut être élevé en raison de la situation du marché de l'emploi, de l'absence de certains membres de l'exploitation et des contraintes de temps pour les femmes. Les bénéfices sont les améliorations des revenus futurs, qui peuvent cependant être annulés du fait des conséquences de l'insécurité et l'incertitude sur les résultats futurs.

Dans le cas présent, la dégradation du sol consécutive à la pression sur le foncier par suite de l'accroissement démographique d'une part, et le peu d'opportunité d'emploi en dehors de l'agriculture d'autre part, devrait inciter les chercheurs et les agriculteurs à trouver et à employer des moyens permettant une meilleure gestion de la fertilité des sols.

La position à laquelle nous adhérons donc, est que la pression démographique induit un changement technologique sans aucune considération des autres facteurs qui seront alors considérés comme mineurs par rapport à l'urgence du moment.

De ces considérations, découlent les hypothèses suivantes:

### *Hypothèses*

L'hypothèse principale qui sous-tend ce travail est que l'utilisation des résidus de récolte et du fumier dépend de la disponibilité en ressources productives au niveau des unités de production et singulièrement des ressources en main d'oeuvre et de leur motivation.

La vérification de cette hypothèse se fera à partir d'analyses de régression entre les différentes formes d'utilisation des résidus de récolte, et les indicateurs suivants:

- 1) le nombre d'actifs ;
- 2) la taille des exploitations (disponibilité en terre) ;
- 3) le niveau de la production ;
- 4) la taille du cheptel ;
- 6) la structure de la production ;
- 7) l'éloignement des champs ;
- 8) le niveau d'emploi des autres facteurs de production tels que engrais et le fumier.

### *Objectifs de l'étude*

L'objectif principal de l'étude est de contribuer à une meilleure connaissance de l'utilisation des résidus de récolte et du fumier. Les objectifs spécifiques sont :

- Déterminer les disponibilités en résidus de récolte et en fumier ;
- Déterminer les différentes formes d'utilisation et leurs conséquences sur le bilan des éléments nutritifs ;
- Identifier les conditions socio-économiques qui influent sur les décisions des producteurs en matière de gestion des résidus de récolte ;
- Se prononcer sur l'utilisation optimale des résidus de récolte.

## **2. Méthodologie de recherche**

### **2.1. Méthode de collecte des données**

#### **2.1.1. Choix des villages**

Pour mener cette étude, le choix a été porté sur le cercle de Koutiala. Cela se justifie par le fait que ce cercle est située à la limite de la zone d'intervention du projet de production soudano-sahélienne (isohyètes 300-900 mm), qui a financé cette étude. En outre, c'est l'une des zones d'intervention de l'Equipe ESPGRN/Sikasso avec laquelle le projet a initié un programme de collaboration permettant de disposer d'une somme importante de données. Ainsi, des villages d'enquête ont été choisis sur toute l'étendue du cercle. Tous les arrondissements du cercle ont été pris en compte pour tenir compte de l'effet d'une éventuelle variabilité dans les potentialités en ressources sur la gestion des résidus de récolte.

Compte-tenu des moyens limités, deux villages ont été choisis par arrondissement. Ce choix a été opéré après consultation des agents d'encadrement de la CMDT présents dans chacun des 6 arrondissements du cercle. Le principal critère de choix est la variabilité entre villages du point de vue disponibilité et utilisation des ressources, les autres étant :

- La volonté des villageois à coopérer avec les intervenants extérieurs ;
- L'accessibilité du village ;
- La taille du village. La préférence était accordée aux villages de taille moyenne.

D'autre part, il faut ajouter qu'en dehors des villages de l'arrondissement central, tous les autres sont situés dans un rayon de 50 km du chef-lieu de cercle.

Les caractéristiques des villages choisis sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 2.1. Caractéristiques des villages d'enquête.*

	Pop totale	Nb totale expl	Nb expl ayant une charrue	%	Nb expl ayant une charrette asine	%	Nb expl ayant une charrette bovine	Nb expl ayant un tracteur	Nb bov
Mourasso	1361	87	78	90	70	80	9	1	1558
Yafola	1323	138	133	96	113	85	9	0	1150
Ouendjina	349	29	28	97	24	83	nd	nd	-
Zanjela	885	100	81	81	70	70	1	0	-
Dampela	980	77	77	100	63	81	0	1	-
Susula	1003	76	73	96	45	59	0	0	1054
Tarasso III	473	33	30	91	26	79	1	0	405
N'Tosso	825	77	54	70	50	65	0	1	659
Kiko	389	19	19	100	17	89	0	0	358
Kiana	541	33	30	91	18	55	0	0	441
Torosso	396	30	26	87	16	53	0	0	323
N'Goukan	nd	45	41	91	33	73	2	0	770

nd = non disponible

Source : Rapports annuels Secteurs CMDT.

D'autre part, selon les informations obtenues auprès des agents d'encadrement, certains de ces villages disposeraient encore de terres permettant l'installation de nouveaux arrivants tandis que d'autres seraient en état de saturation. Ainsi, les villages de Kiana, Torosso et N'Tosso seraient relativement moins saturés que les autres. Par ailleurs, le village de Tarasso serait d'installation assez récente.

## 2.1.2. Choix des unités de production

Le choix des exploitations d'enquête a été effectué par un tirage au sort sur la base du cahier de recensement de l'association villageoise. Il existe dans chaque village au moins une association dont sont membres tous les unités de production. Chaque association possède un registre dans lequel figure la liste de tous les membres ainsi que des informations relatives à la production et aux moyens de production. Ces informations portent essentiellement sur la production en coton de la campagne en cours ainsi que sur les équipements. Pour ce qui concerne la taille de l'échantillon, notre souhait était d'enquêter environ 50 % des exploitations dans chaque village. La raison de cette démarche était la recherche du plus grand nombre de cas possibles en combinant choix au hasard et taille assez élevé de l'échantillon, puisqu'une étude de reconnaissance permettant de se faire une idée sur les exploitations de la zone n'avait pas pu se faire. Il faut cependant noter que cela n'a pas pu être fait dans tous les villages.

Le tableau ci-dessous indique les villages d'enquête avec la taille des échantillons correspondants.

*Tableau 2.2 Liste des Villages et taille de l'échantillon par village.*

Arrondissements	Villages	Nb d'expl enquêtées
M'pessoba	Dampela I	31
	Zandiela	40
Molobala	Susula	35
	Tarasso III	16
Koutiala (ardt central)	N'goukan	22
	Ouendjina II	11
Kouniana	Mourasso	29
	Yafola	18
Konseguela	Kiana	16
	Torosso	13
Zangasso	Kiko	10
	N'tosso	36
Total		277

Il faut signaler que des données complètes n'ont pas pu être obtenues chez tous les paysans enquêtés en raison de l'absence du membre de l'exploitation le mieux informé sur l'ensemble de ses activités (en général, le chef de culture) au moment de l'enquête. Ceci a entraîné une diminution de la taille de l'échantillon sur laquelle les analyses ont porté.

### 2.1.3. Organisation - Calendrier des opérations

Pour mener les enquêtes, un questionnaire a été élaboré et testé dans un village situé à 15 km du chef-lieu de cercle. Ceci nous a permis d'affiner certaines parties du questionnaire. Après cette phase, et avant le démarrage proprement dit des enquêtes, les responsables de la Région CMDT de Koutiala ont été informés des objectifs de l'étude. Cette occasion a été mise à profit pour demander la collaboration de cette structure d'encadrement qui est présente sur l'ensemble de la zone à travers ses secteurs d'encadrement. Les différents secteurs ont été visités par la suite en vue du choix des villages d'enquête. Les exploitations ont été choisies, lors de la visite dans les différents villages. C'est après ces différentes phases que les enquêtes proprement dites ont commencé. Ainsi, un premier passage a été effectué auprès des exploitations concernées pour avoir une idée de l'époque sur laquelle s'étalent les travaux relatifs à l'utilisation des résidus de récolte. Les questions posées se rapportaient entre autres aux caractéristiques structurelles des exploitations ainsi que les quantités de fumier et les proportions de résidus déjà transportées. Par la suite, 6 enquêteurs ont été recrutés et repartis dans les 6 arrondissements. Chaque enquêteur avait un arrondissement sous sa responsabilité, donc 2 villages d'enquête. Ces enquêteurs ont été utilisés à plein temps du mois de Mars à mi-Juillet 1994. Cette période étant celle où s'effectuent le plus d'activités sur les résidus de récolte et le fumier.

Les exploitations choisies ont été suivies régulièrement, et un contrôle mensuel de l'évolution des enquêtes a été effectué. L'objectif visé était de suivre l'évolution des travaux et de permettre une meilleure maîtrise du questionnaire par les enquêteurs.

La méthodologie d'enquête employée était l'interview sur la base d'un questionnaire. Les questions ont été adressées au chef d'exploitation ou à son représentant. Ce dernier est généralement le fils aîné, assumant la fonction de chef de culture et, chargé à ce titre de diriger les opérations au champ.

### 2.1.4. Choix et justification des variables

Les variables saisies au cours de cette étude peuvent être regroupées en 3 grandes composantes :

- Les variables 'Ressources'.
- Les variables 'utilisation des résidus de récolte'.
- Les variables 'utilisation du fumier'.

Les variables ressources sont les éléments de l'appareil de production. Elles déterminent la situation de l'agriculteur et peuvent justifier les prises de décisions de ce dernier. Ce sont :

- Nombre d'actifs : Il s'agit du nombre de personnes participant aux travaux agricoles, sans distinction d'âge ni de sexe. Le nombre d'actifs estime la force de travail de l'unité de production et constitue à ce titre un élément clé pour l'étude des unités de production.
- La taille de l'exploitation, c'est-à-dire l'ensemble des personnes qui en sont membres, qu'ils participent ou non aux activités de production.
- L'existence de moyen de transport. Il s'agit notamment des charrettes asines et bovines, des tracteurs, ou de tout autre moyen utilisé à cette fin.

Ces variables traduisent la dotation des exploitations en facteurs de production. Et ceci peut conditionner leur comportement vis-à-vis de l'utilisation des résidus de récolte et du fumier.

- Les superficies cultivées et les types de culture pratiqués. Toutefois, seuls les champs collectifs ont été pris en compte. Cela pour la simple raison que ni le temps ni les moyens ne nous permettaient de prendre en compte tous les champs individuels pouvant éventuellement exister au niveau d'une exploitation. Il ressort d'ailleurs de nos entretiens informels avec des personnes ressources, que les champs individuels sont assez rares dans cette zone. Il arrive quelquefois que les femmes à titre individuel ou organisées au sein d'association, bénéficient de petites parcelles pour la culture de l'arachide dans le cadre d'activités génératrices de revenus.
- Les superficies en jachère qui sont des terres appartenant à l'exploitation mais non mises en valeur.
- Le nombre d'année de la jachère.
- Les quantités des produits principaux récoltées. Elles sont exprimées autant que faire se peut en kg. Dans le cas échéant, elles sont notées dans l'unité indiquée par le paysan puis converties par la suite. La connaissance des rendements des produits principaux (grains) permet de déterminer ceux des produits secondaires par l'application des rapports paille/grain donnés dans certaines bibliographies. Autrement dit, les productions en fanes, pailles et tiges, respectivement pour les légumineuses, les céréales et le coton.
- La distance des différents champs par rapport au lieu de résidence permanente de l'unité de production. Ces distances sont estimées par l'enquêté et sont exprimées en mètre. Le choix de cette variable se justifie par le fait qu'elle peut être un facteur affectant l'utilisation des résidus de récolte.

En plus de ces variables, les aspects touchant à l'utilisation des résidus de récolte (ou de culture) ont été abordés. Il faut entendre par résidus de récolte, l'ensemble de la biomasse aérienne des différentes cultures de l'exploitation, moins les produits principaux. Sont donc exclues les issues de battage tels que les sons ou les résidus d'épis et de panicule. Les variables cernées sont exprimées en proportions. La variable utilisation des résidus est considérée comme continue et non discrète. Cette méthode permet d'échapper au piège 'adopté/non adopté' courant dans certaines enquêtes socio-économiques, et qui ne tient pas compte du degré d'adoption. Ainsi, sont donc prises en considération les proportions effectivement utilisées sous telles ou telles formes. Quant à l'utilisation, elle réfère aux différents modes d'emploi des résidus, c'est l'emploi comme fourrage, le brûlage, etc. Les questions se rapportant à l'utilisation des résidus de récolte étaient :

- les proportions de résidus pâturées puis abandonnées au champ. Il s'agit des proportions de résidus qui ne seront pas transportées même s'il en reste après la pâture des animaux ;
- les proportions pâturées puis transportées par la suite. Ce sont surtout les restes de pailles de mil et de sorgho qui sont ici concernées. Il peut être mis sous cette rubrique les tiges de coton sans pour autant que celles-ci fassent aussi l'objet de broutage.

Les questions subsidiaires se rapportant à cette partie concernent la durée de la pâture et la provenance des animaux qui pâturent. L'objectif était de savoir si les animaux qui pâturaient dans les champs appartenaient exclusivement au propriétaire du champ, à d'autres exploitations, ou aux deux à la fois, car ceci a une conséquence sur l'importance des transferts de fertilité.

- Les proportions de résidus transportées. Il s'agit des proportions de résidus transportées sans que les

animaux n'y aient accédé au préalable. Le transport intervient alors soit immédiatement après les récoltes ou différé à un moment où le calendrier du paysan le permet. Des mesures de protection sont alors prises en vue d'empêcher l'accès des animaux. Divers moyens sont utilisés à cet effet (haies d'épineux ou de branchages, etc) pour les pailles. Quant aux fanes, elles sont quelquefois stockées dans les troncs des arbres qui sont dans les champs.

- Les proportions de résidus laissées au champ. Ce sont celles qui ne sont pas broutées même lorsqu'elles sont abandonnées sur le champ. Les enquêtes ont révélé par la suite, que c'est le cas notamment des fanes d'arachide récoltées pendant les périodes humides et qui sont rendues impropres à l'alimentation des animaux par suite du développement des moisissures. Les proportions de tiges de coton ne faisant pas l'objet de transport peuvent être également placées dans cette partie.

Après avoir déterminé ces différentes proportions, il y a lieu de voir leur destination finale. Deux cas de figure se présentent selon que les résidus soient transportés (avant ou après la pâture des animaux) ou laissés au champ (pâturés ou non).

Au cas où les résidus sont transportés, les options d'utilisation supposées sont :

- le fourrage ;
- la litière ;
- le combustible ;
- la vente ;
- la construction ;
- autres utilisations.

Au cas où le transport n'est pas effectué, les résidus restés au champ peuvent être au moment de la reprise, soit enfouies, brûlées ou réservées à d'autres usages. Il s'agit donc de déterminer ces différentes proportions et d'indiquer à quel époque de l'année intervient le brûlage ou l'enfouissement.

Ces variables se justifient parce-qu'elles renseignent sur ce que les paysans font de leurs produits secondaires (pailles).

En outre, des variables relatives aux temps de travaux ont été saisies. Ainsi donc, des questions se rapportant au temps mis pour réaliser des opérations telles que l'arrachage des tiges et leur transport ont été posées aux paysans. Il s'agit bien d'estimation car ses travaux sont étalés sur toute la saison sèche. Il est donc loisible au chef d'exploitation de les programmer selon les modalités qui lui conviennent.

L'arrachage consiste à couper les tiges du sol. La récolte des produits principaux s'effectue sans que les tiges ne soient préalablement arrachées. Compte-tenu de la haute taille des variétés locales de mil et de sorgho, on les fait coucher au sol lors de la récolte en appuyant à la base des tiges. Elles restent cependant ancrées au sol. Que l'on veuille brûler, enfouir ou transporter les pailles pour une utilisation quelconque, il faut au préalable les couper du sol. Pour cette opération ainsi que pour le transport, les informations qui étaient recherchées sont entre autres :

- Le nombre de personnes (hommes, femmes enfants) ayant participé à l'action. Ces informations ont été

recueillies par interview des exploitations enquêtées et non par un suivi direct au cours de leur déroulement. En outre, dans les calculs des temps de travaux, il n'est pas fait de distinction entre les hommes, les femmes et les enfants. Ils ont tous été considérés comme actif entier. Ce choix est justifié par le fait que ces 3 catégories fournissent des efforts complémentaires dans la réalisation de ces travaux.

- Le moyen de travail utilisé. Il s'agit des instruments aratoires dans le cas de l'arrachage, et des charrettes, tracteurs, ou tout autre moyen employé pour le transport.
- La durée du travail en jour.

Si éventuellement l'exploitation a fait recours à la main d'oeuvre salariée ou à une association d'entraide pour ces travaux, il lui est demandé d'indiquer le nombre de personnes, la durée et le coût.

Ces questions avaient pour but de savoir si des investissements étaient effectués dans le cadre de ces travaux, et jusqu'à quel niveau. Dans le même ordre d'idée, les enquêtés ont été interrogés sur l'origine des moyens de transport utilisés. Ceux-ci peuvent appartenir à l'exploitation, loués ou empruntés. En cas de location, il était demandé de signaler la durée et le coût. Les contraintes relatives au transport des résidus de récolte ont été également abordées. La question était ouverte et l'occasion était ainsi donnée à chacun, d'exprimer les raisons qui le faisaient agir dans un sens ou dans un autre. Toutefois un certain nombre de contraintes avaient été notées sur les fiches d'enquête afin de faciliter leur remplissage. Ce sont les suivantes :

- l'équipement ;
- la main d'oeuvre ;
- le manque ou l'insuffisance d'animaux ;
- le manque de moyen financier ;
- l'absence d'infrastructure de stockage ;
- la distance ;
- autres contraintes.

La formation et l'information sont des facteurs importants dans l'adoption d'une technique. Pour clore donc cette partie, une attention a été portée sur cet aspect. Ainsi, les enquêtés ont été interrogés sur les conseils reçus en matière d'emploi des résidus ainsi que l'organisme les ayant donné (CMDT, DRSPR, autres).

La 3e partie du questionnaire se rapporte à la production et à l'utilisation de la fumure organique. Les variables saisies sont :

- La taille du troupeau. Les catégories concernées sont les bovins, les ovins et les caprins car elles sont numériquement les plus importantes.
- Le lieu de pâture des animaux selon la saison. En fonction de la saison qui prévaut, les animaux peuvent être conduits dans les champs récoltés, les pâturages naturels ou les deux à la fois. Il se peut aussi qu'ils soient en stabulation semi-permanente ou permanente.
- La transhumance constitue également un mode de conduite des animaux. Aussi, des questions ayant trait à sa pratique, sa durée, la période, ainsi que les types d'animaux concernés ont-elles été posées.
- Les parcs et d'une façon générale les aires de stabulation nocturnes des animaux constituent généralement les lieux de collecte du fumier. Un certain nombre de variables ont été définies afin de

cerner cet aspect. Ce sont :

- le lieu de gardiennage des animaux (étable, parc, mise au piquet). Là où il n'existe pas de parc, les animaux peuvent être attachés aux piquets à leur retour des pâturages ;
- l'emplacement de l'aire de stabulation : au champ ou au village ;
- la durée quotidienne de stabulation des animaux ;
- les types d'animaux parqués ;
- la période de l'année à laquelle la stabulation a lieu.

Cette variable permet de voir si le parcage nocturne des animaux se fait pendant toute l'année ou uniquement à certaines périodes (saison chaude, hivernage).

Le volume de fumier disponible au niveau d'une exploitation varie selon le nombre de têtes mais également des lieux de collecte des fèces déposés par les animaux. Ceci nous a conduit à prendre cet aspect en compte. La question a été posée de savoir si les fèces sont collectés :

- au parc ;
- au pâturage ;
- sur les lieux d'abreuvement ;
- dans la concession ;
- en d'autres lieux.

L'utilisation de la litière est reconnue comme un moyen permettant d'augmenter la fumure organique. Les questions se rapportant à l'utilisation de la litière sont, outre les quantités prévues, la fréquence et l'époque d'introduction.

Enfin, les enquêtes ont été bouclées par le suivi sur les quantités de fumure organique transportées pour la campagne suivante ainsi que les quantités d'engrais utilisées. Les types de fumure organique concernés sont le fumier obtenu des bovins et des ovins/caprins, les ordures ménagères, le compost.

Tout comme dans le cas des résidus de récolte, des questions relatives aux temps de transport du fumier au champ et autres ont été abordées : Il s'agit notamment de :

- nombre de personnes ayant effectué le transport, et la durée en jours. Cela permet d'apprécier le temps mis pour effectuer cette activité.
- les moyens de transport utilisés : charrettes asines et bovines, tracteur, bicyclette, autre.
- le statut de la main d'oeuvre employée : familial, salariée ou association d'entraide. Dans ces deux derniers cas, la durée et les coûts afférents sont indiqués.
- le statut du moyen de transport utilisé : personnel, prêté ou loué. En cas de location, le nombre de jours et le coût sont signalés.
- la provenance du fumier : personnel, don, achat.

Par ailleurs, le questionnaire contient des variables saisissant la période de transport et l'implication de ce choix sur les autres activités.

Enfin, les proportions de fumure organique utilisées dans les champs, les vergers, et les jardins ressortent dans le questionnaire. De même que les cultures et les superficies fumées, ainsi que les avantages de l'utilisation de la fumure organique.

Des questions relatives aux quantités d'engrais utilisées ont été également adressées aux enquêtés.

Le questionnaire utilisé pour la présente étude se trouve en [annexe n° 1](#).

## 2.2. Analyse des données

A la fin des enquêtes, les données ont été codifiées puis saisies avec le logiciel FOXPRO.

La base de données définitivement retenue pour les analyses se compose de 269 paysans. Les unités de productions présentant un nombre important de valeurs manquantes ont été écartées des analyses. En dépit de cet ajustement, il y a lieu d'ajouter que cet échantillon de 269 exploitations n'est pas entièrement pris en compte dans l'analyse de toutes les variables. La raison est qu'elles n'ont pas de valeurs chez ces exploitations par suite de non réponse.

Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique SPSS. Conformément aux objectifs de l'étude, l'analyse des données a été faite en plusieurs étapes. Dans une première phase, les analyses unidimensionnelles (univariées) relatives aux statistiques résumant les valeurs prises par les différentes variables ont été faites. Il s'agit des mesures de tendance centrale et des mesures de dispersion. En plus de cela, des analyses de fréquence ont été réalisées.

En second lieu, des analyses de régression multiples dont le but est de rechercher la liaison éventuelle entre les variables dépendantes (différentes formes d'utilisation des résidus de récolte) et les variables explicatives définies dans les hypothèses. Il existe plusieurs modèles sur l'ordinateur pour effectuer les analyses de régression. Il s'agit notamment des options 'Enter', 'Stepwise', 'Forward', 'Backward'. Chacun de ces modèles a ses méthodes de résolution propres, donc ses avantages et ses limites. Avant de procéder aux calculs, l'option choisie parmi celles qui sont citées, sera indiquée ainsi que la justification de son choix.

Une importante recommandation faite par Crauser et al (1989) pour ce qui concerne les conditions d'utilisation de l'analyse de régression est qu'il ne faut pas confondre corrélation et causalité car selon eux, des variables peuvent être corrélées sans qu'il n'y ait de relation de cause à effet entre elles, mais tout simplement parce-qu'elles subissent conjointement les effets d'une autre variable.

Face à des ressources rares, la recherche de l'efficacité la plus grande est une question économique capitale. Aussi, dans la dernière partie de l'étude, il sera abordée la question de l'utilisation optimale des résidus de récolte. La méthode de programmation linéaire qui sera utilisée à cette fin, est un outil de planification. Elle permet de choisir entre plusieurs activités alternatives, celles qui maximisent le revenu de l'unité de production. Les solutions ainsi données par le modèle de programmation linéaire

sont qualifiées d'optimales car elles tiennent compte de la disponibilité en ressources et de leurs contraintes d'utilisation.

L'une des plus grandes limites de cet outil d'analyse est l'imprécision des estimations qui sont utilisées dans les calculs.

### 3. Présentation de la zone d'étude

#### [Carte du cercle de Koutiala](#)

Cette présentation a pour but de donner quelques informations sur la zone d'étude afin de faciliter la compréhension de certains résultats et d'aider à leur meilleure interprétation.

#### 3.1. Situation géographique

Situé entre 12° 24' de latitude Nord et 5° 28' de longitude Ouest, le cercle de Koutiala fait partie de la 3ème région administrative du Mali, communément appelée Mali-Sud. Il est limité au Nord et au Nord-Ouest par les cercles de San et Bla (Région de Ségou), au Sud par le cercle de Sikasso et le Burkina-Faso, à l'Est par le cercle de Yorosso et à l'Ouest par le cercle de Dioila. Avec un relief peu accentué, il s'étend sur une superficie de 12000 Km<sup>2</sup>. Selon le découpage administratif, le cercle comprend une commune et 6 arrondissements qui, en plus de l'arrondissement central sont : M'Pessoba, Zangasso, Molobala, Kouniana, et Konséguela situés respectivement au Nord, au Sud, au Sud-est, à l'Est et à l'ouest de la commune de Koutiala.

Le climat est de type soudano-sahélien au Nord et soudanien au Sud avec une saison sèche et une saison pluvieuse bien tranchées. La température moyenne annuelle est de 30 degré environ (Sivakumar et al, 1984). La saison des pluies s'étale de Mai à Octobre, et le nombre de jours de pluie varie de 38 à 72 jours (CMDT, 1987-1993). La pluviométrie moyenne annuelle (1920-1980, Sivakumar et al.,1984) est de 980 mm. Cependant, elle varie légèrement d'un arrondissement à un autre et d'année en année . En comparant les moyennes pluviométriques de la période 1930-1960, à celles de la période 1956-1985, il apparaît qu'en des points constants, les précipitations ont généralement baissé de 200 mm (Hijkoop et al.,1987). Une autre caractéristique non moins importante de cette pluviométrie est sa forte intensité.

Les données pluviométriques de la période 1987 à 1992 sont indiquées dans le tableau 3.1 ci-dessous.

*Tableau 3.1. Hauteurs (mm) et nombre de jours (NJ) de pluie par poste pluviométrique et par campagne.*

Postes	Koutiala		M'pessoba		Molobala		Zebala	
Campagne	Haut	NJ	Haut	NJ	Haut	NJ	Haut	NJ

86/87	835	63	1043	50	901	52	855	56
87/88	704	68	846	50	715	48	712	44
88/89	893	71	773	51	1015	66	857	50
89/90	633	64	688	49	740	49	865	53
90/91	913	67	618	41	732	60	471	38
91/92	843	67	688	54	795	55	767	52
92/93	671	72	621	53	649	62	770	56

Source : Rapports secteurs CMDT

La conséquence la plus néfaste du caractère aléatoire de la pluviométrie, est qu'elle compromet les récoltes en certaines années. Tous les efforts du paysan sont ainsi annihilés, avec comme corollaire un endettement souvent excessif. Ceci conduit alors les paysans à adopter le plus souvent des stratégies de production que l'on qualifie de défensive, en ce sens qu'elles visent principalement à limiter les risques. Les messages ayant trait à l'intensification sont perçus avec timidité, et il s'en suit que les niveaux de production atteints sont inférieurs au potentiel qui aurait pu être obtenu.

### 3.2. Ressources en terres

L'histoire de l'Agriculture enseigne que l'abondance et la qualité des ressources en terre d'une zone sont des facteurs essentiels dans l'explication du comportement des producteurs. Partout où les ressources sont moins abondantes ou de moindre qualité, l'instinct de survie amènent les paysans à s'organiser en vue d'adopter les mesures nécessaires à la conservation, voire l'amélioration de leur patrimoine. Il n'en est pas même, là où le problème de terre ne se pose pas. C'est pour cela que dans cette partie de l'étude, un bref aperçu est donné sur les potentialités en terre du cercle de Koutiala.

Le potentiel en terre par habitant en 1987 est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.2. Bilan des ressources en terres (en ha par habitant en 1987).

Arrondissements	S	H	T1	RS	RH	T2	T3	TG
Koutiala	0.59	-	0.59	0.04	0.01	0.05	0.64	1.31
Konséguela	1.17	-	1.1	1.37	0.18	1.55	2.72	7.57
Kouniana	2.12	0.04	2.16	0.27	0.46	0.73	2.89	5.07
Molobala	2.00	0.01	2.00	0.81	0.24	1.05	3.05	4.18
M'pessoba	0.85	0.01	0.86	0.08	0.15	0.23	1.09	2.02
Zangasso	3.15	0.13	3.28	0.83	0.38	1.21	4.49	4.95

Cercle	1.18	0.02	1.20	0.36	0.17	0.53	1.73	3.17
--------	------	------	------	------	------	------	------	------

Source : Projet PIRL, 1991.

S : Cultures en sec et jachères récentes.

H : Cultures des zones humides, bas-fonds, alluvions et jachères récentes.

T1 : S + H.

RS : réserve en terres potentiellement cultivables en sec avec les systèmes agricoles actuellement pratiqués (y compris jachères nécessaires à la reconstitution de la fertilité).

RH : réserve en terres potentiellement cultivables sous réserve de contrôle de l'eau.

T2 : RS + RH.

T3 : T1 + T2.

TG : T3 + terres considérées en moyenne inaptes à l'agriculture (surface géographique par habitant).

D'une façon générale, ce tableau indique une légère différence entre les différents arrondissements, en ce qui concerne la disponibilité en terre par habitant. Ainsi, le potentiel en terres cultivables est plus élevé dans les zones de Konséguela, Molobala et Zangasso qu'à Koutiala, M'pessoba et Kouniana. Les possibilités d'aménagements rizières sont cependant plus importantes dans cette dernière zone.

Le sol est l'un des éléments clés sur lesquels reposent toute activité de production d'une façon générale et de la production agricole en particulier. Les sols de cette zone sont pour la plupart ferrugineux tropicaux plus ou moins lessivés. Leur teneur en matière organique est faible (0.3-2 %) (Kleene et al, 1987). Ils sont par conséquent de faible stabilité structurale et très sensibles à l'érosion, en particulier hydrique (Douzet, 1993 ; Hijkoop et al., 1987).

En plus de la disponibilité en terre, l'accessibilité ou encore le système de tenure en vigueur est également un élément essentiel à la conservation de cette ressource.

L'accès à la terre serait libre mais réglementée par des règles coutumières, selon les informations recueillies auprès de certains exploitants de la zone. Cela découle de la conception traditionnelle selon laquelle la terre ne peut être l'objet de propriété. A ce titre, elle est seulement l'objet d'usufruit mais d'usufruit collectif (Le Roy, 1991). Jonckers et al (1974) signale que chez les Minianka de Koutiala, chaque lignage ou segment de lignage détient, à partir de son installation dans le village, un droit d'appropriation collective sur une partie des terres ; il lui est loisible d'investir tout individu d'un droit de culture sur ces terres.

Selon les études menées par la DRSPR (1993), l'utilisation des pâturages est libre aussi bien pour les autochtones que pour les allochtones sur les terres non mises en valeur. Cette situation est en cours d'évolution, et la tendance est à l'exclusion des étrangers pour ce qui concerne l'exploitation du bois et des pâturages (Coulibaly et al, 1994).

### 3.3. Ressources humaines

Selon l'annuaire statistique de la région de Sikasso publié en Mars 1993, la population du cercle s'élevait en 1987 à 282.328 habitants, soit une densité moyenne de 23.52 habitants au km<sup>2</sup>. Les projections pour l'an 2000 font état d'une augmentation de la population dont le nombre se situerait à un niveau de 375377 habitants, soit une augmentation de 33 % par rapport à l'année 1987. Cette population à vocation agro-pastorale est composée essentiellement des ethnies Minianka, Bobo et Dionka (CMDT, 1988).

La répartition de la population dans les 6 arrondissements et la commune figure dans le tableau 3.3. On note une inégale répartition de la population dans le cercle. A l'intérieur même du cercle, la densité est relativement plus faible dans l'arrondissement de Konséguéla que dans les autres. Cependant, c'est dans cette localité que les ressources en terre sont les plus abondantes. Il révèle en outre, que l'accroissement de la population est en moyenne de 3.3 %, donc plus forte que la moyenne nationale qui est de 1.9 % (Pirl, 1988).

Tableau 3.3. Population du cercle de Koutiala (données 1987).

Arrondissements	Superficie (KM2)	Pop(87)	d(87)	[sigma]	Nb villages
Koutiala*	1375	104661	76.1	+3.8	51
Konséguéla	2045	27069	13.2	+3.1	33
Kouniana	1800	35420	19.7	+2.7	35
Molobala	1435	34303	23.9	+3.4	25
M'pessoba	1210	59825	49.4	+2.8	55
Zangasso	1235	24966	20.2	+3.5	32
Cercle	9100	286244	31.5	+3.3	231

Source : BCR, 1991

\* Arrondissement + commune

Pop 87 : population en 1987

d 87 : densité de population en 1987, en habitant/km<sup>2</sup>

s : accroissement annuel de la population entre 1976 et 1987, en %

La répartition de la population selon le sexe et entre urbains et ruraux est présentée dans le tableau 3.4 ci-dessous :

Tableau 3.4. Répartition de la population totale par sexe et selon le lieu de résidence dans le cercle.

	Population totale		Total	%
	Masculin	Féminin		
Ruraux	109427	114371	223798	78
Urbains	31382	31174	62556	22
Total	140809	145545	286244	100

Source : DNSI cité par PSS, 1994

Ce tableau indique que la population du cercle est constitué à 78 % de ruraux travaillant essentiellement dans le secteur primaire et à 51 % de femmes.

L'estimation de la population totale par groupe d'âge figure au tableau 3.5 ci-après.

*Tableau 3.5. Estimation de la population du cercle de Koutiala au 1/7/91 par groupe d'âge.*

Groupe d'âge	moins de 18 ans	18-21 ans	21 ans et plus	population totale
Nombre	167506	15228	121823	304557

Source : Estimation DNSI

Ce tableau indique une proportion de 55 %, 5 % et 40 %, respectivement pour les tranches d'âge de moins de 18 ans, 18 à 21 ans, et enfin, 21 ans et plus. Cette population est donc relativement jeune. En supposant que l'âge d'entrer en activité commence souvent dès l'âge de 10-12 ans, on peut donc conclure que le nombre de personnes en âge de travailler est relativement élevé dans cette zone. Cette disponibilité relative en main d'oeuvre agricole peut cependant être affectée par l'exode rural. Bien que n'ayant pas pu trouver de chiffre se rapportant à l'importance de ce phénomène, sa pratique a néanmoins été évoquée par certains paysans de la zone. Cet exode revêtirait deux caractères:

- **Saisonnier** : Pendant la saison sèche, les villageois (les jeunes en général) vont soit dans les villages voisins, soit en ville ou s'expatrient, à la recherche d'emploi. Ils reviennent au début de l'hivernage pour participer aux activités agricoles. Cet exode est vu comme une nécessité par certains exploitants dans la mesure où il permet aux jeunes de se procurer certains biens matériels indépendamment des apports de la famille. Cet type d'exode a peu d'impact sur les travaux agricoles de la période hivernale mais peut affecter ceux de l'inter-campagne. Il s'agit notamment de l'arrachage et du transport des résidus de récolte ainsi que du fumier.

- **Permanent** : Cela se traduit par un transfert définitif de résidence. Plusieurs directions sont quelquefois envisagées, dont l'extérieur du pays. Ces migrants ne sont plus considérés comme faisant partie des actifs de l'exploitation. Ce type d'exode a pour effet, la réduction du nombre d'actifs au niveau

de l'exploitation du migrant. En conséquence, la production agricole peut en souffrir.

Dans la zone Mali-Sud, certains paysans riches ayant accumulé suffisamment d'argent, envoient des jeunes en ville pour entreprendre des activités commerciales. Quant aux paysans pauvres, ils auraient intégré l'exode dans leur système de production. Les jeunes de l'exploitation vont donc à l'exode à tour de rôle pour des durées variables (un à deux ans). Ceux-ci doivent envoyer de l'argent pour faire face aux dépenses monétaires que la production agricole ne garantit pas (Cissé, 1983).

En ce qui concerne l'organisation du travail agricole, selon une étude sur la communauté familiale chez les Minianka du Mali (Jonckers et al, 1974), tous les hommes valides travaillent ensemble sur les champs familiaux. Le plus âgé des travailleurs est le chef de culture et dirige à ce titre les travaux. Seuls sont dispensés du travail aux champs, les vieillards, les impotents et les jeunes enfants. La différence de statut social basée sur la séniorité se marque par le fait que les cultivateurs les plus jeunes se courbent les premiers sur le champ et se redressent les derniers. Cela démontre le rôle clé joué par les plus jeunes de l'exploitation dans le processus de production. Ce qui peut constituer un levain pour le développement compte-tenu du dynamisme de la jeunesse. Au contraire, il peut également être un frein à l'exécution des travaux, en raison d'une part, des multiples besoins dont la satisfaction est recherchée en dehors de l'exploitation et au jugement péjoratif qu'elle peut éventuellement porter sur certains travaux. Selon la même étude, au delà de l'équipe de travail constituée par la main d'oeuvre familiale, il existe des formes de coopération dans le travail. Cette coopération élargie se réalise dans le cadre de groupes sociaux dont le mode de recrutement basé sur les classes d'âge, est indépendant du critère lignager et au niveau desquels se croisent des implications économiques, politiques, et idéologiques. Au nombre de ces structures de coopération, il y a le "To" chez les minianka (Jonckers et al, 1974). Cette organisation regroupe au niveau du quartier, les hommes dans la force de l'âge, et intervient afin de pallier la défaillance éventuelle de la solidarité lignagère et de soutenir les "nécessiteux" éventuels, sur base de la réciprocité et enfin sur base prestataire. Outre le 'To', il existe des groupes de travail beaucoup plus restreint constitués par certaines familles en vue de se porter une aide lors des travaux à haute intensité de main d'oeuvre.

### **3.4. Activités agricoles**

Les systèmes de production constituent l'ensemble des combinaisons des productions et des facteurs de production (terre, travail, capital). C'est le résultat du choix de l'agriculteur, effectué en fonction des conditions naturelles, de la structure de l'exploitation, de la gestion foncière, de son niveau technique et des possibilités du marché.

Les principales spéculations pratiquées dans la zone de Koutiala sont le coton, les mils/sorgho, le maïs, l'arachide et le niébé. Ces différentes cultures sont pratiquées sur l'ensemble de la zone sans distinction. A côté de celles-ci, existent les cultures du riz dans les zones d'inondation, du dah et du sésame.

Les cultures secondaires sont la tomate, le concombre, le pastèque, le piment, etc.  
Le coton est la culture de rente, et constitue la principale source de revenu des

exploitations, tandis que les céréales constituent la base de l'alimentation.

L'évolution de la superficie de ces différentes cultures de la période 1987/1988 à 1992/1993 est présentée dans le tableau 3.6 ci-après. On note que les superficies de la quasi-totalité des cultures sont en progression. Ainsi, de la campagne 1986/87 à la celle de 1992/1993, les superficies consacrées au coton, mil/sorgho, maïs et arachide ont varié respectivement de 32 %, 25 %, 28 % et 46 %.

Tableau 3.6. Evolution de la superficie des principales cultures (en ha).

	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93
Coton	34542	35982	44321	40525	44010	43778	50987
Mil/sor	63916	64075	-	77447	78833	79752	85214
Arachide	3286	3696	-	5286	5657	5393	6134
Maïs	10420	8128	-	12917	13045	12660	14385
Riz pl	435	1193	-	1318	1302	1586	1994
Sésame	1	383	-	502	434	260	84
Niébé grain	4802	5499	-	13877	13037	15027	14361
Niébé fourrager	-	2071	-	4160	3565	3061	2983

Source : Rapports CMDT, 1986-1992

Les techniques de production sont influencées par la traction animale. Introduite depuis la période coloniale, la culture attelée est largement diffusée dans la zone de Koutiala, faisant d'elle l'une des plus équipées du Mali, voire de la sous-région. Elle doit cette extension à la culture du coton qui est largement pratiquée par les exploitations agricoles. Elle constitue un élément d'intensification de cette culture et a été favorisée par des actions diverses dont les prêts 'premier équipement' initiés par la CMDT en collaboration avec la division de recherche sur les systèmes de production rurale (DRSPR). Ainsi, en 1984 déjà, 87 % des exploitations possédaient une paire de boeufs, 52 %, une charrue, 40 %, un multiculteur et 32 % avaient une charrette (CMDT, 1984). La plupart des opérations culturales sont mécanisées, à l'exception de la récolte. Aussi bien pour le coton que pour les autres cultures.

La typologie de classification des exploitations basée sur celle de la DRSPR, indique 4 grands types. Il s'agit des types A, B, C et D. Les critères de classification sont les suivants :

- **Type A** : exploitations bien équipées pour la culture attelée, ayant au moins une charrette et possédant un troupeau de plus de 10 bovins, y compris deux paires d'attelage.
- **Type B** : exploitations disposant d'au moins une paire de boeufs de labour et d'une unité de culture attelée.
- **Type C** : exploitations non équipées pour la culture attelée mais disposant souvent d'un équipement

incomplet.

- **Type D** : exploitations en culture manuelles, ne connaissant pas ou très peu la culture attelée

Les différents types d'exploitations qui se rencontrent dans le cercle sont donnés dans le tableau 3.7 ci-après, par secteur. Pour ce qui concerne les secteurs, il faut noter qu'il n'y a pas de coïncidence rigoureuse entre le découpage administratif et celui des secteurs. Ainsi, chaque secteur couvre partiellement l'arrondissement du même nom. Il en est ainsi du secteur de Koutiala qui couvre une partie de l'arrondissement central ainsi que des arrondissements de Konséguela, et Zangasso. A part ce secteur dont le domaine s'étend sur trois arrondissements, tous les autres sont constitués en grande partie des villages de l'arrondissement d'implantation.

*Tableau 3.7. Typologie des types d'exploitations par secteur (en %).*

Secteurs	Type A	Type B	Type C	Type D
Koutiala	45	36	16	3
M'pessoba	44	46	9	1
Molobala	43	39	15	3
Zebala	52	36	11	1

Source : Rapports Secteurs CMDT Koutiala, 1993/1994.

Le tableau 3.8 donne le nombre de principaux types de matériels agricoles utilisés dans les différents secteurs CMDT du cercle.

*Tableau 3.8. Nombre et Types de Matériels agricoles utilisés dans les secteurs CMDT de Koutiala.*

Secteurs	Charrues	Tracteurs TE	Multiculteurs	Charrettes	Semoirs
Koutiala	6265	13	5679	4678	3686
M'pessoba	5941	12	5000	3510	2538
Molobala	4171	18	3676	2383	2022
Zebala	3408	8	3043	2382	2111

Source : Rapports secteurs CMDT < 1993/1994

En plus de la mécanisation, le coton bénéficie relativement plus des facteurs d'intensification tels que les produits phytosanitaires, les engrais et les semences sélectionnées. Pour les autres cultures, les variétés locales sont encore très répandues. Pour ce qui concerne les techniques culturales, le coton, le maïs et l'arachide sont généralement semés après un travail du sol (labour, billonnage) tandis que le mil et le

sorgho sont semés le plus souvent sur les anciens billons laissés par la culture du coton. Quant au niébé, il est le plus souvent associé aux cultures du mil et du sorgho bien que la culture en pur existe également.

Pour ce qui concerne le calendrier cultural, le semis du coton intervient le plus souvent dans la première décennie de Juin alors que celui des cultures semées sur anciens billons a lieu de la 3e décennie de Mai à la 1ere décennie de Juin. Les variétés cultivées en coton, mil et sorgho sont tardives.

Pour le maïs et l'arachide, les deux cas peuvent être rencontrés, donc aussi bien des variétés tardives que des variétés semi-tardives ou hâtives. Ces dernières sont généralement destinées à la vente. Par conséquent, leur récolte intervient dans la 2e décennie du mois d'Août. Celle des variétés tardives se fait de la 3e décennie du mois d'Octobre à la 3e décennie du mois de Décembre. Le coton est récolté en 2 ou 3 passages.

En ce qui concerne les cultures secondaires, les pépinières de tomate et de piment sont réalisées en Mai/Juin et l'installation proprement dite, après la première grande pluie. Ces cultures potagères sont le plus souvent implantées sur des parcelles de petites dimensions mais leur culture est intensive avec apport de fumure organique et entretiens réguliers. La récolte et la commercialisation de ces produits maraîchers ont lieu d'Août à Octobre. C'est également au mois d'Août que s'effectuent les opérations telles que l'épandage de l'urée et le buttage du coton. C'est après la récolte de l'arachide précoce qu'intervient le semis de la pastèque, suite un labour du sol au cours duquel les fanes d'arachide restées dans le champ sont enfouies. La fumure organique est utilisée également sur cette culture. Comme on le constate donc, du mois d'Août au mois de Décembre, il peut y avoir un goulot d'étranglement en raison du volume des travaux qui s'effectuent pendant cette période. En plus de ces travaux, il faut ajouter la commercialisation du maïs frais et celle des denrées périssables comme la tomate.

Il ressort d'une étude diagnostique (DRSPR, 1990), que la quantité de fumure organique apportée par les exploitations de sa zone d'intervention varie de 0 à 1.5 t/ha/an. La rotation du type coton/céréale pratiquée par les agriculteurs permet aux céréales de bénéficier de l'arrière-effet de la fumure apportée sur la sole cotonnière. Quant aux autres facteurs d'intensification, Niang et al (1993) signale que de la campagne 1989/90 à celle de 1991/92, les quantités de complexe, d'urée et d'insecticide appliquées par les paysans du cercle représentation respectivement 78 %, 93 % et 80 % des doses recommandées par l'encadrement. De plus, pour ce qui est de l'insecticide, son application commence 45 jours après le semis du coton et doit se répéter tous les 15 jours, soit 5 applications. Toutefois, certains paysans ne dépasseraient pas 3 à 4 applications (communication enquêteurs).

L'acquisition du matériel et des intrants agricoles se fait par le canal des associations villageoises. Les intrants agricoles font l'objet d'un crédit de campagne remboursable à la commercialisation. Le matériel agricole peut s'acquérir au comptant ou à crédit.

Les prix des intrants agricoles avant et après la dévaluation, sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Comme le montre ce tableau, le prix des intrants et du matériel a augmenté de 32 % à 247 %, suite à la dévaluation du franc CFA. Quant au prix du coton, principale culture de rente, il est passé de 85 F à 125 F, soit une augmentation de 47 %.

Les statistiques agricoles font ressortir le rôle clé que joue le cercle de Koutiala dans la production cotonnière au Mali. Sa contribution a toujours été supérieure à 40 % de la production totale réalisée en zone cotonnière du Mali (CMDT, 1984). En 1982-83, la production de coton graine a engendré une distribution de 8 milliards de francs maliens contre 5 milliards en 1978-79. Les productions céréalières sont également en constante progression. Le cercle de Koutiala est au nombre des régions excédentaires du Mali (CMDT, 1984).

Les productions des principales cultures des années 1988 à 1993 ainsi que les projections pour les campagnes 1993/94 et 1994/95 sont indiqués dans le tableau ci-après.

Ce tableau montre que les productions en coton ont évolué en dents de scie, tandis que celles des céréales sont en constante progression. Eu égard au fait que les rendements en coton sont généralement plus élevés que ceux des céréales, cette situation s'expliquerait par le fait que les superficies en coton faisaient l'objet d'un rationnement, alors que celles des céréales ne relèvent que de la décision du paysan qui est fonction de ses objectifs.

*Tableau 3.9. Prix au comptant des matériels et des intrants agricoles (F/unité).*

Produits	Prix avant dévaluation	Prix après dévaluation	% d'augmentation
Complexe coton	6000	8015	34
Complexe céréale	5250	7510	43
Urée	5000	6765	35
Insecticide ULV	1300	2275	75
Insecticide EC	3030	4000	32
Fongicide coton	515	1785	247
Charrette asine	42000	75815	81

Source : Rapports CMDT

N.B: Les engrais (complexe coton, céréale et urée) sont conditionnés dans des sacs de 50 kg et les insecticide, dans des bidons de un litre.

Les rendements des différentes cultures pour les mêmes périodes sont représentés sur la figure 1 faite à partir des données de la même source. On note que les rendements des cultures sont en constante progression. Les projections pour la campagne 94/95 prévoient d'ailleurs une augmentation de 15 %

pour le coton à 44 % pour le niébé grain. Ceci suppose une plus grande maîtrise des techniques de production de la part des paysans, mais également la mise en oeuvre d'une série de mesures d'accompagnement permettant de lever certaines contraintes.

L'irrégularité des pluies et la baisse de la fertilité des sols sont, entre autres, les plus grandes contraintes à la production selon les paysans, bien que la dernière ne se manifeste pas de façon patente sur les rendements des cultures.

*Figure 1. Evolution des rendements des principales cultures.*

### 3.5. Ressources animales

Les sécheresses successives qui ont frappé la zone nord du Mali, ont entraîné le déplacement d'une bonne partie du cheptel vers le Sud, dépassant même dans certains cas les limites du territoire national. Cette migration fuite a permis de sauver une partie du cheptel mais, a induit de profonds changements dans le système de l'élevage. A côté des propriétaires traditionnels vivant encore de l'élevage, s'est développé un autre type d'éleveurs (Breman, 1987). Il s'agit notamment des agriculteurs, commerçants et fonctionnaires qui investissent de plus en plus dans le bétail. Les raisons diverses présidant à l'acquisition du troupeau et la méconnaissance des techniques d'élevage expliquent en partie la faible productivité du cheptel dans cette zone (Breman & Traoré, 1987). La majorité du cheptel appartient aux cultivateurs, mais sa répartition entre exploitations est inégale selon une étude réalisée autour de Koutiala (Touré et al, 1992).

*Tableau 3.10. Evolution de la Production des principales cultures en Région CMDT de Koutiala.*

	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94*	94/95*
Productions (milliers de tonne) :							
Coton	84	75	74	76	79	83	86
Mil/sorgho	140	161	162	163	170	168	171
Maïs	37	46	65	73	82	90	98
Riz irrigué	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
riz pluvial	0.8	1.6	1.8	2	2.250	3	3
Autres céréales	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
Total céréales	178	210	230	239	255	262	273
Arachide totale	6	8	10	13	15	17	20
Niébé grain total	6	9	10	12	13	14	15

soja	7	10	11	13	14	15	16
Total légumineuses	13	18	21	25	29	32170	37084
Sésame	0.6	0.7	0.9	1.2	1.3	1.5	2
Dah	0.009	0.019	0.020	0.034	0.053	0.058	0.075

Source : CMDT, Mali Sud III, les productions végétales, la stratégie(projections\*)

Dans cette zone, 21.3 % des exploitations possèdent 65 % des bovins (Touré et al 1992). D'autre part, au sein d'une même unité de production, la propriété du cheptel est généralement individuelle. Le troupeau appartient soit exclusivement au chef d'exploitation et constitue de ce fait un patrimoine commun, ou en partie à certains membres de l'exploitation (communications personnelles des enquêteurs). Cela pourrait avoir un impact sur la gestion du troupeau d'une façon générale et sur l'entretien sanitaire en particulier. Toutefois, la fumure produite dans les parcs de stabulation de ces animaux est utilisée dans les champs communs à tous les membres de l'exploitation.

L'importance accrue du cheptel dans le système de production de cette zone s'explique par le fait que le troupeau constitue un moyen d'investissement et d'épargne. Par ailleurs, l'activité d'élevage est complémentaire à celle de la culture. Elle lui procure la force de traction et le fumier et reçoit d'elle les sous-produits. Ceci est si bien le cas que la concentration du troupeau se fait dans les secteurs où la densité humaine est par ailleurs très élevée et où la pression sur l'espace liée à la culture cotonnière est également très forte (CMDT, 1993). Ainsi, selon cette étude, la situation sur Koutiala peut se définir comme suit :

- forte concentration autour de M'pessoba, Koutiala, Zebala et Molobala, où la densité est largement supérieure à la moyenne
- puis une auréole concentrique autour de la précédente où la densité est moyenne à forte.

Les espèces animales élevées sont diverses. Les bovins sont en général du type méré qui est issu du croisement entre les races Zébu et N'dama. L'effectif du troupeau en 1993 dans les secteurs d'encadrement CMDT du cercle de Koutiala est indiqué dans le tableau 3.11 ci-après.

Tableau 3.11. Effectifs animaux encadrés de la Région CMDT de Koutiala , 1992-93.

Secteurs	Bovins	Ovins/caprins	Asins	Equins	Porcins	Total
Koutiala	80073	53631	5062	83	1817	140666
M'pessoba	47929	32118	5754	35	1184	87020
Molobala	42759	19734	2659	48	5006	70206
Zebala	42696	42856	3047	167	1433	90199

Cercle	213457	148339	16522	333	9440	388091
--------	--------	--------	-------	-----	------	--------

Source : Rapport CMDT, 1992/1993.

Il ressort de l'étude menée dans la ' zone Siwa' (Touré et al, 1992), et pouvant être extrapolée sur l'ensemble de la zone, que le mode de conduite des animaux varie selon les saisons, la taille du troupeau et l'espèce animale. Dans la recherche de leur alimentation, ils fréquentent les pâturages naturels et les proximités des champs, sous la surveillance d'un berger dans le souci de limiter les dégâts sur les cultures pendant la saison des pluies. Dans certains cas, les petits ruminants sont mis au piquet dans les endroits enherbés autour des champs ou des concessions.

Pendant la saison sèche, les résidus de récolte, notamment les pailles de céréale constituent une source alimentaire d'appoint non négligeable pour les animaux. Il faut cependant noter que ce sont des produits de valeur alimentaire généralement faible, car ils proviennent de plantes arrivées à maturité dont tous les principes nutritifs intéressants ont migré dans les graines. De plus, la plante étant âgée, les constituants membranaires ont pris une importance prépondérante. Ce sont donc des aliments grossiers et très fibreux dont le coefficient d'encombrement est élevé (Manuel d'Alimentation des ruminants Domestiques en Milieu tropical, 1977). Selon cet ouvrage, la teneur en protéines des pailles est toujours très faible, et on peut considérer que l'apport en matière azotée digestible est pratiquement nul. En outre, il en ressort que malgré leur faible valeur nutritive, les pailles distribuées à volonté peuvent couvrir une bonne partie des besoins énergétiques et d'entretien d'animaux au repos, et remplacer une partie du foin chez les autres catégories de ruminants. De plus certains traitements chimiques permettent d'augmenter la valeur nutritive des pailles, sans compter qu'elles peuvent servir de support aux suppléments.

En plus des pâturages herbacés et des résidus de récolte (pailles et fanes), le bétail trouve une partie de son alimentation dans les pâturages arbustifs. Selon Leloup et al (1989), la contribution respective des strates ligneuses, herbacées, des 'sous-produits de qualité médiocre'(pailles de céréale), et des sous-produits de bonne qualité a été estimée, à 14 %, 33 %, 46 % et 7 % de la matière sèche totale à Kaniko (village situé dans les environs de la commune de Koutiala).

D'autre part, la culture du coton et la présence des usines d'égrenage dans le terroir de Koutiala offre l'opportunité d'une complémentation alimentaire à partir des graines et des tourteaux de coton. A cela s'ajoutent les eaux de lavage des céréales ainsi que leur son mélangé à la pâte de néré ( communications des paysans). L'abreuvement des animaux ne constitue pas un gros problème. Il s'effectue de façon passive pendant l'hivernage dans les marigots et active en saison sèche à partir des puits appartenant aux propriétaires. Le manque de pâturage constitue l'une des plus grandes contraintes de l'élevage dans la zone de Koutiala, surtout en fin de saison sèche et en début de saison pluvieuse. Il se traduit par la réduction des parcours. D'autre part, la composition floristique des pâturages a subi une importante modification dans le sens de la diminution ou de la disparition des bonnes espèces fourragères. Ainsi, les graminées pérennes qui étaient abondantes et dominantes ont cédé la place aux graminées annuelles de moindre importance pastorale (Leloup et al, 1989). En outre, l'absence de limites entre zones de pâture et de culture, joint à la pression démographique fait que les superficies naguère réservées aux pâturages

sont en nette régression. Ceci conduit les exploitations possédant de grands troupeaux à rompre avec la vocation première de cet élevage qui est la sédentarité et à pratiquer la courte transhumance. Selon les informations recueillies au niveau des services d'encadrement, celle-ci se déroule de Mai à Septembre (chefs secteurs CMDT, communications personnelles). Les animaux concernés sont les vaches et les veaux, les boeufs de labour étant maintenus pour les travaux champêtres.

### **3.6. Activités et infrastructures socio-économiques**

#### **3.6.1. Les institutions**

##### **a. Structures de Recherche-Développement**

La Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles (CMDT) est l'institution de développement la plus ancienne du cercle. Initialement créée pour l'encadrement de la culture du coton, elle s'occupe désormais de l'ensemble des aspects du développement (vulgarisation agricole, approvisionnement en intrants, alphabétisation, élevage, piste, etc). Elle a une direction régionale basée à Koutiala et compte 4 secteurs répartis dans les différents arrondissements. Dans chaque arrondissement, il y a un secteur CMDT, à l'exception des arrondissements de Zangasso et Konséguela qui relèvent du secteur de Koutiala. En 1993/1994, le nombre d'exploitations encadrées était de 19260, soit une réalisation de près de 100 % par rapport aux prévisions (CMDT, 1994).

La CMDT comprend en son sein des projets qui s'occupent d'actions spécifiques. Il s'agit notamment des projets 'Lutte anti-érosive', 'Femmes et développement', 'l'Atelier de coupe et de perçage' dont l'une des tâches est l'amélioration de la technicité des forgerons villageois dans la construction de matériels agricoles, etc.

Il existe également des institutions de Recherche-développement relevant de l'IER, dont la Station de Recherche agronomique de N'Tarla et l'Equipe Système de Production et de Gestion des Ressources Naturelles (ESPGRN), etc. Comme son nom l'indique, la station de Recherche a pour mission la mise au point de technologie dans le cadre de l'amélioration de la production cotonnière. Quant à l'équipe système, elle a pour mission de mener des diagnostics sur les contraintes techniques et socio-économiques qui pèsent sur les producteurs et de chercher des solutions appropriées permettant de les lever. Elle exécute son programme dans des localités bien précises du cercle et chez un certain nombre de paysans collaborateurs en général bien que tous les producteurs soient impliqués dans les actions d'intérêt collectif comme la gestion du terroir.

##### **b. Structures de crédit**

Les principales structures de crédit au monde rural sont la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles et la Banque Nationale de Développement Agricole (BNDA). Le rôle financier joué par ces organismes est l'allocation de crédits aux associations villageoises. Ces crédits qui étaient sans intérêt jusqu'en 1994, visent l'acquisition de nouvelles techniques ou d'intrants agricoles pour accroître et/ou

stabiliser la production agricole, surtout celle du coton et dans une moindre mesure celle du maïs. Il n'y a pas de crédit pour les activités non cotonnière y compris celles de l'élevage.

En outre, il y a des caisses d'épargne et de crédit (Kafo jiginew) dont le siège est à Koutiala et qui sont représentées au niveau des villages.

### 3.6.2. Les marchés

En plus du marché central de la commune, il y a au moins un marché hebdomadaire dans chaque chef-lieu d'arrondissement ou dans ses environs. Il s'agit de marchés assez importants du point de vue des échanges qui s'y effectuent. En outre, il existe plusieurs petits marchés à l'intérieur. Ces marchés sont fréquentés par une multitude de vendeurs et d'acheteurs. Jonckers (1981) signale que deux types de transactions différentes fonctionnent simultanément au marché. Dans le premier cas, les ventes portent sur de petites quantités de produits vivriers et se font selon les besoins monétaires des paysans. A ce propos, Claude Meillassoux parle de micro-commerce (cité par Jonckers, 1981). Depuis la suppression du monopole de la commercialisation des céréales par l'Office des Produits Agricoles du Mali (OPAM), l'approvisionnement des marchés urbains en céréales incombe à ces acheteurs. Le second concerne la vente de marchandise et de biens précieux achetés à la ville voisine ou sur un marché important. La première forme de transaction correspond à ce que Karl Marx appelle la circulation simple de marchandises : Marchandise- Argent Marchandise et la seconde s'inscrivant véritablement dans la sphère marchande : Argent-Marchandise-Argent.

La commercialisation du coton est principalement assurée par les associations villageoises (AV) qui servent de courroie de transmission entre la société cotonnière et les paysans. Elle dure de Novembre à Mars. Les frais supportés par la CMDT sont énormes pendant la dite période, l'achat se faisant au comptant et la période de ramassage longue. Elle a alors recours aux banques (Cissé, 1983). Ce concours bancaire est à court terme. Les banques appelées à intervenir se concertent sur le montant des crédits, leur mode de réalisation et la part de financement qui sera prise par chacune d'elles. Selon la même étude, le concours bancaire est intervenu pour 90 % dans le financement de la campagne 1983 et les 10 % restants ont été supportés par les fonds propres de la CMDT. Les prix des produits céréaliers connaissent une fluctuation saisonnière en fonction du flux de l'offre. Ils sont bas au moment de la récolte et cette situation est exacerbée pendant les années d'abondance céréalière. Les cours les plus élevés sont atteints pendant la saison des pluies où l'offre diminue. Quant à celui du coton, il est généralement fixé par arrêté inter-ministériel pris par le ministère du Développement Rural et celui des Finances. Les prix des facteurs de production sont quant à eux, imposés par la conjoncture internationale. D'où une certaine disproportion entre l'évolution du prix aux producteurs et celle du prix des facteurs de production (Cissé, 1983).

Le tableau 3.12 ci-dessous donne l'évolution des prix moyens aux producteurs des principaux produits agricoles entre 1989 et 1994.

*Tableau 3.12. Prix moyens aux producteurs des principaux produits agricoles (f cfa/kg).*

	Coton (1er choix)	Mil	Maïs	Sorgho
1989	85	37.09	32.22	38.82
1990	85	57.73	41.83	54.62
1991	93	85.10	66.08	81.96
1992	93	48.10	40.89	43.72
1993	85	47.06	38.14	45.48
1994	125	47.08	35.58	38.89

Source : SIM et CMDT

Outre les produits agricoles, le bétail et les produits animaux sont également écoulés sur les marchés ruraux. Comme on le constate, si la dévaluation a eu un effet sur le prix du coton, il n'en est pas de même pour les autres cultures.

### 3.6.3. Les organisations paysannes

Les organisations paysannes les plus connues dans la zone sont sans doute les associations villageoises (AV). Selon la loi no 88-62/AN/RN du 10 Juin 1988, l'AV est une organisation pré-coopérative à caractère transitoire dont la finalité est le ton villageois (Communication Comité local de Développement du cercle). Leur création date de 1975 dans la région CMDT de Koutiala. D'une AV par village au départ, on en dénombre plusieurs AV à l'intérieur du même village, suite à de profondes crises de fonctionnement (communication comité local de développement). Il y a environ 345 AV et 20 tons villageois dans le cercle de Koutiala. L'AV prend en charge trois fonctions de base qui relèvent normalement de l'encadrement (CMDT, 1990). Ce sont :

- L'approvisionnement en moyens de production : détermination des besoins, commande, stockage et distribution ;
- L'octroi et la gestion des crédits agricoles aux villageois : intrants chimiques et matériels agricoles ;
- La commercialisation primaire du coton : pesée des productions individuelles, livraison globale des produits à l'usine de la CMDT, paiement. Ces fonctions sont rémunérées par la CMDT et alimentent une caisse collective dont les fonds sont utilisés pour financer les frais de fonctionnement de l'AV et la réalisation d'investissement socio-économiques. Diverses actions ont été réalisées par les AV dont, la construction de centres d'alphabétisation, de cases d'accouchements, le forage de puits, etc.

Outre les AV et les tons, il existe dans chaque arrondissement, des Coopératives Centrales d'approvisionnement et de Commercialisation créés en remplacement des fédérations de groupements ruraux (FGR).

Plusieurs autres coopératives spécialisées existent dont :

- la coopérative des éleveurs de Welingana

- la coopérative des éleveurs de M'Pessoba
- la coopérative agro-pastorale de Koutiala
- la coopérative agricole de N'Tonasso
- la coopérative des anciens combattants et des victimes de guerre
- la coopérative des transporteurs routiers de Koutiala
- la coopérative des maraîchers et planteurs de Koutiala
- la coopérative des riziculteurs de Koutiala
- etc.

Au total, il y a 13 coopératives dans le cercle (source : CAC Koutiala, Décembre 1993).

Les exploitants du cercle sont également affiliés à la Chambre d'Agriculture du Mali.

Le fait le plus récent de l'histoire de l'organisation paysanne dans la zone et au Mali en général, est la création du Syndicat des producteurs du coton et des Vivriers (SYCOV).

### **3.6.4. Unités industrielles**

L'importance de la production cotonnière du cercle a favorisé l'installation d'usines de transformation. Trois usines d'égrenage et une huilerie moderne dénommée Huicoma sont installées à Koutiala et dans sa région (CMDT, 1984). L'avantage du traitement local du coton sur l'économie de la zone est incontestable. D'une part, il offre des opportunités d'emploi à la population urbaine locale et même rurale par le recrutement de la main d'oeuvre nécessaire à la filière. Selon une étude en zone CMDT (1984), les activités liées à la production et à la transformation du coton ont occupé cette année, 1100 salariés (CMDT, Huicoma) en période de pleine activité. D'autre part, les résidus d'usinage (graine et tourteau) devraient permettre d'approvisionner les éleveurs de la zone en suppléments de qualité. Toutefois, selon certains exploitants, les quantités fournies par la CMDT sont de loin inférieures aux besoins. Enfin, il favorise l'émergence d'activités commerciales dans la zone.

En plus de ces usines, une unité laitière a été créée dans la commune. Elle est chargée du traitement du lait collecté dans les villages aux alentours de Koutiala. Cela constitue un créneau pour l'intensification des activités d'élevage devant se traduire par une amélioration globale du système de production.

## **4. Caractéristiques des exploitations enquêtées**

Les caractéristiques décrites sont les disponibilités en main d'oeuvre, en terre, en cheptel et en équipement. Pour ce dernier point, l'intérêt a surtout été porté sur les parcs et les moyens de transport, compte-tenu de la spécificité du thème de l'étude. En ce qui concerne l'effectif du cheptel, il est à signaler que ce domaine constitue généralement un sujet tabou pour les paysans. Par conséquent, ils acceptent difficilement de dévoiler l'importance numérique de leur cheptel quelque soit les assurances de discrétion qu'on puisse leur donner. Les chiffres présentés ici devront donc être appréciés avec une certaine prudence. En plus de ces variables, les productions des principales cultures ont été également prises en compte. Il s'agit des productions réalisées en arachide, coton, maïs, mil, niébé et sorgho.

L'analyse du mode de distribution de chacune des variables 'ressources' au sein de la population, a donné les résultats indiqués dans les tableaux qui vont suivre.

## 4.1. Ressources humaines au niveau des exploitations

Les ressources humaines dont il est question ici se rapportent au nombre d'actifs hommes et femmes ainsi qu'aux membres non actifs. Les résultats de l'analyse statistique portant sur ces ressources figurent dans le tableau ci-après.

*Tableau 4.1. Ressources humaines dans les exploitations d'enquête.*

	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
ActifH	3.7	2.4	0	3	15	269
ActifF	3.26	2.8	0	3	20	269
Taille	15	11	2	13	70	269
c/w	2.47	1.44	1	2.04	16	268

Le tableau indique que le nombre moyen d'actif en homme est sensiblement le même que celui des femmes. Cela démontre une participation accrue des femmes aux activités de production agricole. En outre, on note que la taille moyenne des exploitations est de 15 personnes, et la moitié des exploitations ont environ 13 membres.

Le ratio c-w indique le nombre de consommateurs à la charge d'un actif ou encore le taux d'activité au niveau de l'exploitation. Les résultats de notre enquête révèle qu'en moyenne 2.47 personnes sont à la charge d'un actif, avec un écart-type de 1.44. La valeur la plus élevée de ce ratio est de 16 et la plus faible est de 1.

La main d'oeuvre disponible au sein d'une unité de production dans le cadre de ses activités peut ne pas être uniquement constituée de ses membres. Une exploitation peut en effet faire recours à la main d'oeuvre extérieure. Celle-ci peut être temporaire, semi-permanente ou permanente. Deux cas de figure peuvent se présenter. Le recours peut être fait à la main d'oeuvre salariée ou à une association de travail dans le cadre de l'entraide mutuelle. Dans la zone d'enquête, le salariat existe sous deux formes : la forme temporaire et la forme permanente. La main d'oeuvre temporaire est sollicitée pour un travail précis et le nombre de personnes varie selon les besoins de l'exploitation pendant les périodes de pointe et ses capacités de financement. Sa rémunération varie selon que l'on soit en période de forte ou de faible demande. Par contre, une exploitation disposant de moyens suffisants peut procéder à un recrutement pour une période plus ou moins longue. Il ressort des résultats d'enquête, que le salariat semi-permanent existe dans la zone depuis un certain nombre d'années. Il dure de 1 à 10 mois selon un accord

mutuellement consenti entre les deux parties. La rémunération se fait en espèce ou en nature.

Les modes de paiement rencontrés sont les suivants :

- paiement en espèce : 5000f/mois soit 35000f pour 7 mois.
- paiement en nature : Un boeuf pour 7mois d'activité, une génisse pour 10 mois, ou une bicyclette pour 10 mois.

En plus de cette rémunération payée à la fin du contrat, l'employé est pris en charge du point de vue logement et alimentation par son employeur.

Selon les discussions informelles avec les personnes enquêtées, dans la plupart des cas, ces migrants proviennent de la zone et même souvent de villages voisins. Leur objectif est soit de se constituer progressivement un troupeau ou de s'offrir des biens matériels que leur famille ne peut leur procurer. La tâche confiée à ces employés permanents varie selon les exploitations. Elle va de l'occupation stricte dans les travaux d'élevage (conduite et entretien du troupeau) à la participation aux activités de culture.

Les résultats statistiques montrent toutefois que 6 % seulement des exploitations enquêtées emploient la main d'oeuvre salariée et que le nombre de personnes maximum engagé est de 3 personnes.

## 4.2. Disponibilités en terre

Les disponibilités en terre ont été cernées au niveau de chaque unité de production à travers des questions sur les superficies des différentes cultures ainsi que celle de la jachère.

Les superficies en riz n'ont pas été prises en compte dans le dépouillement. Cela se justifie par le fait que cette culture n'est pas assez représentative de la zone du point de vue du nombre d'exploitations ayant l'opportunité de la pratiquer et de la faible dimension des superficies emblavées.

L'analyse descriptive a donné les résultats présentés dans le tableau 4.2 ci-dessous.

Le tableau indique que les superficies moyennes des différentes cultures sont de 3.65, 2.85, 2.5, 1.05, 0.50, et 0.6, respectivement pour le sorgho, le coton, le mil, le maïs, l'arachide et le niébé. Ainsi, on note que le sorgho occupe la plus grande superficie de l'exploitation dans l'échantillon d'enquête. Il couvre en moyenne 30 % de la superficie totale cultivée. Suivent ensuite dans l'ordre, le coton, le mil, le maïs, l'arachide et le niébé avec respectivement 23, 20 %, 8 %, 3 % et 2 % de la superficie cultivée. Dans l'ensemble, les céréales occupent environ 58 % de la superficie cultivée. Cela dénote de l'importance accordée à l'autosuffisance alimentaire dans cette zone.

Comme on le constate, les légumineuses occupent la part la plus faible dans le système de production. Une partie infime de la superficie est destinée à la culture des légumineuses d'une façon générale. D'autre part, le coton et le sorgho sont les cultures les plus fréquentes. Elles sont présentes dans 99 % des exploitations. Puis après viennent le mil et le maïs. Enfin les légumineuses sont les moins fréquentes dans le système.

Tableau 4.2. Disponibilités et utilisation des terres (en hectare)

Cultures	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	NB obs
Arachide	0.50	0.36	0.10	0.5	2	197
Coton	2.85	2.35	0.25	2	15	266
Maïs	1.05	0.8	0.2	1	5	262
Mil	2.5	1.93	0.25	2	13	257
Niébé	0.6	0.5	0.20	0.50	3	101
Sorgho	3.65	2.88	0.25	3	20	266
Jachère	3.5	2.97	0.20	3	20	129
Superficie totale	12.24	7.91	2.25	10	50	269

La superficie moyenne de la jachère est d'environ 3 ha dans la moitié des exploitations où elle existe. Toutefois, il faut signaler que 52% des unités de production enquêtées n'ont pas de jachère. Cela démontre à suffisance que cette pratique est en nette régression.

L'analyse de variance montre qu'il y a une différence entre les villages pour ce qui concerne la pratique de la jachère. En effet, le facteur village explique 23 % de la variance entre les exploitations du point de vue de la pratique de la jachère.

La durée moyenne de la jachère est d'environ 5 ans, avec une déviation standard de 4.47. La durée maximum est de 28 ans. Néanmoins, en considérant 75% des individus possédant une jachère, la durée est au plus égale à 7 ans.

En relation avec le nombre d'actifs par exploitation, il ressort de cette étude que le ratio actif par superficie cultivée est en moyenne de 0.71, soit environ 1 ha pour un actif. L'écart-type de cette moyenne est de 0.33. Le nombre maximum d'actif par hectare est de 2.

L'analyse de variance indique que ce ratio est différent selon les villages. Le facteur village explique 36 % de la variation de ce ratio dans les exploitations.

Par ailleurs, il ressort des enquêtes informelles que toutes les exploitations enquêtées sont propriétaires de leurs terres. L'étendue du domaine occupé varie selon les familles. Les familles fondatrices et les premiers occupants ont les plus grandes superficies dans les cas où elles sont encore unies. Il semble également qu'il n'y a ni possibilité de vente ni d'achat de terre. D'autre part, les superficies de coton faisaient l'objet d'un rationnement de la part du service d'encadrement. Ceci se traduisait au niveau de

chaque village, par la fixation de la superficie à cultiver en coton pour chaque exploitation. Cela s'opérait selon des règles que nous n'avons pas pu élucider. La situation a cependant évolué à partir de la campagne 1994-1995.

### 4.3. Cheptel

Dans le tableau 4.3 ci-dessous figurent les résultats de l'analyse univariée. Elle concerne les catégories d'animaux pris en compte dans cette étude ainsi que les ratio cheptel par actif et cheptel par superficie, de l'échantillon enquêté.

Tableau 4.3. Ressources animales par exploitation.

	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
Boeufs	5.68	5.77	1	4	60	248
Vaches	9.71	14.08	1	5	90	188
Caprins	5.6	5.35	1	4	32	180
Ovins	8	8	1	6	50	166
Total cheptel	20.71	28.59	1	16	164	269

Le tableau 4.3 indique que le nombre moyen de boeufs par exploitation est d'environ 6. L'analyse de fréquence révèle que 8 % des exploitations ne possèdent pas de boeufs. Par contre, 92 % en ont au moins un. Le nombre le plus élevé est de 60 boeufs.

Il y a en moyenne près de 10 vaches par exploitation. L'écart-type élevé indique que ce nombre varie beaucoup d'une exploitation à une autre. D'ailleurs, l'analyse de fréquence indique que 30% des unités de production enquêtées n'ont pas de vaches. Le maximum relevé est de 90 vaches, mais il faut préciser que la moitié des exploitations n'ont pas plus de 3 vaches. De plus, on note que les bovins constituent plus de 50 % du cheptel. Le rôle joué par les bovins dans la traction et la fumure des champs d'une part, et dans l'économie paysanne en tant que source d'investissement d'autre part, expliqueraient certainement cette situation. Quant aux petits ruminants, leur rôle social et économique fait que presque chaque exploitation en possède, d'où leur proportion relativement élevée.

Le nombre moyen de caprins est de 6, avec un écart-type de 5.35. L'analyse de fréquence révèle que 33% des exploitations enquêtées ne possèdent pas de caprins. Le nombre maximum de caprins par exploitation est de 32. Toutefois, la moitié des exploitations n'a pas plus de 2 caprins.

Toutes catégories animales confondues, le nombre de tête par exploitation est en moyenne de 21,

correspondant à 12 UBT. L'écart-type élevé traduit une très forte variation autour de cette moyenne. En d'autres termes, la taille du troupeau fluctue fortement d'une unité de production à une autre. L'analyse de fréquence indique que 7 % des exploitations n'ont aucun animal. Le maximum de cheptel enregistré est de 164 têtes. Toutefois, la moitié des exploitations a au plus 16 têtes.

Le nombre moyen d'animaux est égal à 3 par actif, avec un écart-type de 4.

La valeur moyenne du ratio cheptel par superficie cultivé est de 2, avec un écart-type de 2. Le maximum est de 10.

### Parcs

Deux catégories de parc ont été recensées : les parcs fixes et les parcs mobiles. Dans les exploitations où il n'y a aucun de ces deux types, les animaux sont attachés à des piquets. Les résultats donnés par l'analyse de fréquence montrent que 66% des unités de production ont des parcs. Ceux-ci sont fixes dans 48 % et mobiles dans 18 % des exploitations. Comme évoqué plus haut, les parcs sont situés à proximité des habitations et construits avec des branchages. Il ressort de nos investigations qu'en général les parcs sont individuels et renferment les animaux appartenant aux membres de l'exploitation. Certaines exploitations ne possédant qu'une ou deux têtes confient souvent leurs bêtes à des parents possédant plus d'animaux et ayant donc un parc. Il s'agit toutefois de cas très rare. La production de fumier revient alors en totalité au propriétaire du parc.

## 4.4. Equipement

Compte-tenu de la spécificité de l'étude, comme équipement, il n'a été pris en compte que les moyens de transport. Il s'agit, entre autres, des charrettes asines et bovines ainsi que le tracteur. En ce qui concerne les charrettes, le type asin représente 97% et le type bovin 3 % des moyens de transport utilisés dans les exploitations enquêtées. D'autre part, l'analyse de fréquence indique que parmi les paysans enquêtés, 22 % n'ont pas de charrette, 10 % ont deux charrettes et 68 % ont une seule charrette. Quant au tracteur, sa présence a été notée uniquement dans deux exploitations.

Pour ce qui concerne les disponibilités en charrettes, l'analyse porte aussi bien sur les valeurs absolues que sur certains ratio tels que le nombre de charrette par actif et le nombre de charrette par superficie. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.4. Disponibilités en équipements.

	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
Charrettes	0.88	0.55	0	1	2	269
Equi/actif	0.15	0.13	0	0.13	1	269
Equi/sup	0.08	0.069	0	0.07	0.35	

Ce tableau indique qu'en moyenne chaque exploitation a une charrette. La faible valeur de l'écart-type (0.55) indique qu'il n'y a pas une grande variation autour de la moyenne. Ceci est d'ailleurs confirmé par le nombre maximum de charrette équivalent à 2 et par le fait que 50 % des éléments ont au plus 1 charrette.

Il permet également de constater que les ratios équipement par actif et équipement par superficie sont faibles. La moyenne du premier est de 0.15 avec un écart-type de 0.13, celle du second est de 0.08, avec un écart-type de 0.07.

## 4.5. Distance

Lors du pré-test, il est clairement ressorti que les animaux sont en général parqués à proximité des habitations dans le souci de limiter les pertes par vol mais aussi de produire de la fumure organique. La distance entre le champ et le lieu de résidence permanent de l'unité de production peut être une variable explicative du comportement des exploitants par rapport à la gestion des résidus de récolte. La décision de conduire le troupeau pâturer au champ ou de transporter les résidus au niveau de l'enclos peut dépendre de la distance à parcourir. Les résultats relatifs aux distances des différents champs par rapport aux concessions, sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.5. Distances moyennes des champs de culture (en mètres).

	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
Arachide	830	1154	100	150	6000	197
Coton	1135	1345	100	700	7000	266
Maïs	830	1125	100	150	5000	262
Mil	1195	1310	100	1000	6000	257
Niébé	610	1070	100	100	5000	136
Sorgho	1170	1300	100	1000	6000	266

Ce tableau montre que l'écart-type est élevé dans tous les cas. Ce qui signifie que pour une même culture, les champs sont très dispersés pour les unités de production constituant l'échantillon. En d'autres termes, pour une culture donnée, la distance entre le champ et la résidence du paysan est très variable d'un paysan à un autre. Ceci dit, les champs les plus éloignés sont ceux du mil, du sorgho et du coton. Par contre, les champs de maïs et de légumineuses sont relativement plus proches. Ils se situent dans un rayon de 500 à 800 m.

En raison de cette proximité, ces champs sont appelés 'champs de case'. Ils bénéficient de la fertilité créée par les ordures ménagères souvent déversées aux alentours des concessions. Il y a lieu cependant d'indiquer que les chiffres ainsi présentés ne correspondent pas aux distances effectives des champs, mais leur point de départ. La distance réelle dépend de la superficie totale du champ.

## 4.6. Productions principales

L'analyse portant sur les rendements moyens des différentes cultures au cours de l'année d'enquête, figure dans le tableau 4.6 ci-dessous.

Ce tableau révèle que le rendement moyen en arachide coque est de 720 kg/ha, avec un écart-type de 344. Le rendement le plus élevé est de 2300 kg/ha. Toutefois, dans la moitié des unités de production, le rendement est au plus de 670 kg/ha.

Le rendement moyen en coton est de 1380 kg/ha, avec un écart-type de 465. Le rendement maximum obtenu est de 3346 kg/ha. En fait, la valeur médiane du rendement coton est de 1339 kg/ha.

La productivité moyenne du maïs est de 1850 kg/ha, avec un écart-type de 267. Le rendement minimum relevé est de 400kg/ha tandis que le maximum est de 3716 kg/ha.

Le rendement moyen relevé pour le mil est de 1110 kg/ha, avec un écart-type de 318. Le rendement maximum vaut 4000kg/ha. L'analyse univariée indique que la valeur du rendement est au plus de 1229 kg/ha dans la moitié des cas.

*Tableau 4.6. Rendements (en kg/ha) des cultures dans les unités de production enquêtées.*

	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
Arachide	730	345	100	670	2300	194
Coton	1380	465	285	1339	3346	264
Maïs	1850	267	400	1858	3716	262
Mil	1110	318	70	1229	4000	257
Niébé	205	219	0	200	1200	101
Sorgho	1330	515	300	1229	3800	266

La production moyenne du niébé est de 205 kg/ha. Le rendement maximum constatée est de 1200 kg/ha. Le rendement minimum est de 0 et correspond à la variété fourragère.

Pour le sorgho, il a été noté un rendement moyen de 1330 kg/ha, avec un écart-type de 515.05. Le rendement minimum enregistré est de 300 kg/ha et le maximum est de 3800kg/ha. On note que les rendements les plus élevés sont dans l'ordre décroissant, ceux du maïs, coton, sorgho et mil. Les rendements élevés en maïs et coton s'expliquent en partie par le fait que ces deux cultures bénéficient de plus d'attention comparativement aux autres cultures qui sont considérées comme moins exigeantes. Il ressort des enquêtes que ce sont ces deux cultures qui reçoivent la quasi-totalité de la fumure organique et minérale disponible au niveau des exploitations. Les cultures du mil et du sorgho ne profitent le plus souvent que de l'arrière effet de ces fumures.

Ces résultats ont été obtenus à partir des déclarations faites par les enquêtés sur les superficies emblavées et les productions réalisées.

Ainsi, la production moyenne en céréales (mil, maïs, sorgho) par exploitation est de 9320 kg, avec un écart-type de 5900 kg. La production maximale est de 40 tonnes et au minimum de 915 kg. Dans l'hypothèse où toute cette production est auto-consommée, la quantité moyenne par personne est de 675 kg, donc de loin supérieur à la norme généralement admise qui est de 240 kg/personne/an. L'écart-type de cette moyenne est de 348 kg. La quantité minimum par personne est de 120 kg et le maximum est de 2370 kg. Toutefois, la quantité de céréale par personne est au plus de 590 kg dans la moitié des exploitations et de 800 kg dans 75 % des cas. Il ressort cependant de nos enquêtes qu'environ 80 % des unités de production vendent une partie (10 à 20 % environ) de leur production pour l'achat de certaines denrées alimentaires (poissons, et autres condiments). A cela, il faut ajouter les dons.

Pour ce qui concerne la production cotonnière, la moyenne par exploitation enquêtée est de 4 200 kg, avec un écart-type de 4000 kg. La production maximale atteint 23 tonnes, mais dans 75 % des cas elle est au plus de 5760 kg. Dans l'hypothèse où toute cette production est commercialisée à travers le circuit officiel et au prix du premier choix, c'est-à-dire à 85 F/kg, cela donne un revenu brut moyen de 358.100 F. L'écart-type de 341060 F, soit une variation de presque 100 %. Le revenu brut maximum serait alors de 1955000f et le minimum est de 12 410 F. Cependant, dans la moitié des exploitations, il serait de 247390 F.

## [Chapitre 5 et 6](#)

# Rapports PSS N°18 (Chapitre 5 et 6, bibliographie)

## Utilisation des résidus de récolte et du fumier dans le Cercle de Koutiala : Bilan des éléments nutritifs et analyse économique

---

[Table des matières,](#)  
[Chapitre 1-4,](#)  
[Annexes](#)

### 5. Analyse et interpretation des resultats

#### 5.1. Production pailles et formes d'utilisation

##### 5.1.1. Production paille

La production en fanes, pailles et tiges a été déterminée à partir des données sur la production de grains et des rapports pailles/grains obtenus dans la bibliographie. Les valeurs utilisées pour les céréales et les légumineuses sont celles de Van Duivenbooden (1992). Pour le coton, les données proviennent de Berger (1970). Elles sont les suivantes pour les différentes cultures :

- Fanes d'arachide : 3
- Fanes de niébé : 3
- Pailles de mil : 4
- Pailles de sorgho : 3
- Pailles de maïs : 1.5
- Tiges de coton : 2.

Ces chiffres permettent de calculer la production en résidus de récolte dans les exploitations enquêtées, sachant la production en produit principal de chacune des cultures pratiquées.

Les résultats de l'analyse statistique effectuée sur les productions de paille dans les exploitations enquêtées, sont indiqués dans le tableau 5.1.

*Tableau 5.1. Productions en résidus de récolte par exploitation (en kg).*

---

Cultures	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
Arachide	1235	1127	75	1000	6900	194
Coton	8475	8035	290	930	46000	266
Maïs	3000	2200	300	2600	13900	262
Mil	11300	9900	400	8900	64200	257
Niébé	550	590	6	300	3500	89
Sorgho	14200	11600	800	11100	75000	266

Ces résultats montrent que le mil et le sorgho fournissent les plus grandes quantités de pailles. Cela est imputable non seulement à leur rapport pailles/grain élevé mais aussi à l'importance des superficies occupées par ces deux cultures dans le système de culture.

Ensemble, ils forment près des trois quarts de la quantité totale de résidus de récolte produite. Les tiges de coton, avec environ un quart de la production en paille représentent une fraction non négligeable de la biomasse totale.

### 5.1.2. Disponibilités en éléments nutritifs

Les disponibilités potentielles en éléments nutritifs au niveau de l'exploitation ont été calculées à partir des productions pailles des différentes cultures et de leurs teneurs minimales en azote, phosphore et potassium. Les chiffres ayant servi de base dans nos calculs sont présentés dans le tableau 5.2.

*Tableau 5.2. Teneur minimales en azote, phosphore et potassium des pailles des principales cultures (en g/kg).*

	Arachide	Coton	Maïs	Mil	Niébé	Sorgho
azote	11.6	7.3	4.5	2.5	19	2.5
phosphore	1.0	0.9	0.2	0.3	1.1	0.2
potassium	3.4	11	8	10	11	6

Source : 'Van Duivenbooden (1992)'

Les teneurs minimales sont ceux obtenus si toutes les conditions de croissance sont remplies à l'exception de l'alimentation minérale. En d'autres termes, on parle de ce taux, lorsque la production est limitée par la disponibilité en éléments nutritifs. Cependant, en même temps d'autres facteurs peuvent également intervenir plus ou moins. Au niveau intensif, la production est limitée par des facteurs autres

que la disponibilité en nutriments. De ce fait, les éléments nutritifs ne sont pas dilués jusqu'à leur taux minimal. Aussi un facteur de correction de 1.7 a été appliqué pour le coton et 1.3 pour l'ensemble des autres cultures dans le but de tenir compte de la différence de niveau d'intensification dont ces cultures font l'objet. Les résultats obtenus de ces calculs sont indiquées dans le tableau 5.3.

*Tableau 5.3. Quantité moyenne d'éléments nutritifs disponibles dans les résidus de récolte (en kg) par exploitation.*

	arachide	Coton	Maïs	Mil	Niébé	Sorgho
azote	19	105	17	37	14	46
phosphore	1.6	13	0.8	4	0.6	4
potassium	5	160	31	147	8	111

Ce tableau indique que le sorgho, le mil et le coton sont les sources les plus importantes en azote, phosphore et potassium au niveau des exploitations. Ensemble ils apportent 84.1 % de l'azote, 90.6 % du phosphore et 90.7 % du potassium. La culture du coton fournit à elle seule 47.3 % de l'azote, 56.5 % du phosphore et 35.5 % du potassium aux exploitations. Cela est beaucoup plus lié à la différence de biomasse produite qu'à la teneur en éléments nutritifs de ces cultures. Pour ce qui concerne la potasse, les quantités moyennes les plus élevées sont observées avec le coton, le mil et le sorgho. Cela s'explique aussi bien par l'abondance de la biomasse produite, que par la teneur relativement plus élevée en éléments nutritifs dans le cas du coton.

Avant d'en arriver aux différentes formes d'utilisation des résidus, il conviendrait de donner un aperçu sur leurs exigences, et leurs avantages. Les exigences se rapportent aux besoins en main d'oeuvre pour l'arrachage et le transport des pailles à la ferme et au transport du fumier au champ.

### **5.1.3. Avantages et Inconvénients des différentes formes d'utilisation**

#### **a) Temps d'arrachage et de transport des résidus**

Comme évoqué plus haut, nous entendons par arrachage des tiges, la rupture de leur lien avec le sol afin de favoriser soit leur transport du champ, soit la mise en andain pour le brûlage ou d'autres manipulations. Il faut signaler que l'arrachage est systématique en ce sens que même lorsque les pailles sont destinées au brûlage, elles sont au préalable arrachées. Ce processus varie selon la nature de la culture. Ainsi, pour la culture de l'arachide, les fanes sont récoltées en même temps que les gousses. Ce travail se fait soit manuellement lorsque le sol est assez humide, ou à l'aide d'un instrument aratoire dont on se sert pour creuser le sol afin d'extirper la plante et les gousses qui en sont séparées par la suite. La récolte des fanes de niébé s'effectue après celle des grains dans le cas des variétés grainières. Pour ce faire, les plantes sont préalablement coupées à la base du sol, généralement à l'aide d'un couteau puis

enroulées en bottes.

Les céréales présentent un enracinement peu profond et peuvent de ce fait être extirpées du sol avec une partie des racines. Enfin, pour ce qui est des tiges de coton, elles sont en général coupées à la base du sol en raison de leur enracinement pivotant et du fait que l'arrachage intervient le plus souvent à une époque où le sol est sec, ce qui n'autorise pas un arrachage au vrai sens du terme. A part les légumineuses et le maïs dont l'arrachage s'effectue relativement tôt, celui des autres cultures est plus ou moins étalé dans la saison sèche.

Les résultats sur les temps de travaux se rapportant à cette activité ont été obtenus par des interviews. Les paysans faisant partie de l'unité de recherche ont donc été interrogés sur le temps mis pour l'arrachage des tiges, ainsi que le nombre de personnes ayant participé à ce travail. Dans la pratique, l'arrachage des tiges et le transport à l'exploitation n'est pas immédiat. Cela tient au fait que ce travail n'est pas urgent. Il commence tôt le matin et est interrompu pendant les moments chauds de la journée. Chez la plupart des paysans, il est effectué par demi-journées de travail. Les résultats obtenus sur ces temps de travaux exprimés en homme-jour/ha sont présentés dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.4. Temps d'arrachage des tiges (homme-jour/ha).*

Cultures	Temps moyen d'arrachage	Ecart-type
Arachide	33	42
Coton	5	3
Maïs	5	5
Mil	6	4
Sorgho	5	5

Il ressort de ce tableau que les temps d'arrachage varient peu d'une culture à une autre, à l'exception de l'arachide. L'argumentation qui peut être faite est que pour cette culture, il a été pris en compte à la fois, le temps d'arrachage et de séparation des gousses.

En rapport avec cette activité, des investigations ont été faites afin de déterminer par quel type de main d'oeuvre elle est effectuée. Celles-ci révèlent que ce travail est essentiellement l'oeuvre de la main d'oeuvre familiale. Même s'il est fait quelquefois recours à la main d'oeuvre salariée ou aux formes traditionnelles d'entraide, cela est assez rare. Il n'est pas également exclu que des membres soient rémunérés pour s'en occuper comme cela a été noté dans certaines unités de production. Moins de la moitié des unités de production concernées y font appel. Ainsi pour l'arrachage des tiges de coton, 13 % environ des unités de production reçoivent de la main d'oeuvre extérieure dans le cadre de l'entraide mutuelle et 23 % recrutent la main d'oeuvre salariée. Pour celui des tiges de mil, il est fait appel aux associations de travail dans 9 % des exploitations et à la main d'oeuvre salariée dans 5 % des cas. Pour le

sorgho, 14 % des unités de production font appel aux associations de travail et 10 % à la main d'oeuvre salariée. Ces chiffres sont encore plus faibles dans les cas du maïs, de l'arachide et du niébé.

Quant au temps de transport, contrairement à ce qui avait été initialement prévu, il n'a pas pu être estimé par les enquêtes. Une bonne estimation peut cependant être faite sur la base de la connaissance de la distance des différents champs par rapport au lieu de stockage de la paille, de la vitesse moyenne et de la capacité de transport de la charrette asine qui constitue le moyen de transport le plus répandu. Le temps requis pour le transport des résidus de récolte a été estimé en supposant que la vitesse moyenne de la charrette asine est de 3 km/h et que sa capacité de transport des pailles est de 200 kg. Les résultats sont les suivants :

*Tableau 5.5. Temps de transport des résidus de récolte (en homme-jour/t).*

	Moyenne	Ecart-type	Max	Nb obs
arachide	0.35	0.48	2.5	197
coton	0.47	0.56	3	266
maïs	0.35	0.47	2	262
mil	0.50	0.55	2.5	257
sorgho	0.5	0.42	2.5	266

Par souci de simplification, ces calculs ne tiennent pas compte de la période à laquelle le transport est effectué. De même, il n'est pas tenu compte du temps mis pour le chargement et le déchargement de la charrette.

Il ressort de nos enquêtes que le transport des résidus de récolte est essentiellement assuré par les membres de l'exploitation. La seule exception est celle des exploitations disposant d'une main d'oeuvre salariée permanente. Dans ces cas-ci, cette opération peut constituer une des tâches confiées au salarié. Tout comme l'arrachage, le transport des pailles est également échelonné dans la plupart des cas.

#### b) Effet des formes d'utilisation sur les éléments nutritifs

Le brûlage des tiges porte sur la fraction non broutée des pailles. Cette opération intervient après l'arrachage et la mise en andain et peut s'étaler sur toute la période de la saison sèche. Une partie de la cendre sert quelquefois à faire de la potasse utilisée comme ingrédient de cuisine ou dans la fabrication de savon traditionnel. Dans certaines unités de production, une partie des résidus, notamment ceux du mil, est affectée aux femmes à cette fin. Du point de vue des charges liées, on peut dire que cette pratique n'occasionne pas de frais élevés, d'autant plus que la gestion du feu prend au plus une journée de travail par hectare. Par contre, il entraîne des pertes assez importantes en éléments nutritifs. Ainsi, la quasi totalité de l'azote se volatilise, les pertes en phosphore et en potassium étant de 10 % (Quak,

communication personnelle). Bien que n'ayant pas une valeur fertilisante nulle, cette pratique constitue néanmoins une source importante de perte en éléments nutritifs et une perte nette en matière organique. Cela est d'autant plus grave quand les cendres dont l'enfouissement n'est pas effectué immédiatement, sont entièrement ou partiellement transportées par le vent au cas où elles ne sont pas exportées à d'autres fins.

L'enfouissement des résidus de culture s'effectue par un labour de début ou de fin de cycle. C'est notamment le cas pour l'arachide dont la récolte intervient quelquefois avant l'arrêt des pluies. L'humidité résiduelle du sol est alors mise à profit pour cette opération. Par cette pratique, il peut donc être évité des frais éventuels que pourrait engendrer le transport des pailles au niveau de la ferme pour d'autres usages. L'enfouissement des résidus minimise les pertes en azote, phosphore et potassium. Il permet d'enrichir le sol en matière organique par suite de la décomposition du matériel végétal enfoui.

La pâture directe des animaux sur les résidus de culture au champ est une autre forme très courante, de leur utilisation. Elle a lieu lorsque les résidus de culture ne sont ni transportés immédiatement au niveau de l'exploitation, ni protégés afin d'empêcher les animaux d'y accéder. Sont essentiellement concernées, les pailles de céréales, bien que cette pratique se constate quelquefois aussi dans le cas des fanes. L'accessibilité aux fanes d'arachide et de niébé ne pose aucun problème compte-tenu du fait qu'elles sont de courtes tailles. Par contre, les variétés locales de mil et de sorgho généralement cultivées dans la zone sont de haute taille. Lors de la récolte, on les fait coucher au sol en cassant les tiges à la base. Ceci permet aux animaux d'y accéder facilement. Ainsi, de la récolte au nettoyage, les animaux du village sillonnent les champs et les pâturages naturels en vue d'y chercher leur subsistance. Il ressort cependant de nos enquêtes, que lorsque cette option est envisagée par une unité de production, elle fait profiter ses propres animaux en premier lieu, c'est-à-dire immédiatement après les récoltes. Par la suite, tous les champs sont fréquentés par les animaux du village sans distinction d'appartenance, dans la plupart des villages d'enquête. Cela se fait selon la conduite du berger, et ne fait l'objet d'aucune forme de compensation directe. Il faudrait cependant nuancer quelque peu cette affirmation car un nombre assez important d'exploitants résident de plus en plus dans des hameaux où se trouvent aussi bien les champs que les animaux. Dans ces conditions, la paille produite profite plus aux animaux de l'exploitation. Dans la plupart des villages d'enquête, la pâture dans les champs prend de plus en plus de l'importance, en raison de l'extension des champs au détriment des pâturages. La contribution des résidus de récolte à l'alimentation des animaux est appelée à s'intensifier compte-tenu de cette pression croissante sur la terre. La pâture au champ présente l'avantage d'épargner à l'exploitant les contraintes liées au transport des résidus à la ferme. D'autre part, elle permet aux exploitants n'ayant pas de cheptel de bénéficier des éléments fertilisants apportés par les dépôts de fèces des animaux qui viennent y pâturer. En outre, elle représente une économie de transport de la fumure qui est directement déposée dans les champs. Il faut cependant signaler que des pertes d'azote surviennent par volatilisation à partir des fèces déposés dans les champs. La fraction d'azote perdue dans ces conditions est environ 50 % de la teneur en azote contenu dans les fèces ([Penning de Vries et Djiteye, 1982](#)). De plus, cette pratique constitue un désavantage pour certaines exploitations à cause du fait que leurs résidus profitent quelquefois, plus à d'autres animaux, qu'aux leurs, ce qui entraîne un transfert important de fertilité, des exploitations ayant peu d'animaux vers ceux qui en ont plus. De plus, les risques de perte en fourrage peuvent être importants en raison des dégâts dus aux attaques des termites. A l'opposé, le transport des résidus au

niveau de l'exploitation est une option qui mérite d'être envisagée. D'une part, ceci répond mieux au souci d'une meilleure gestion des pailles en prévision des périodes difficiles du point de vue de la disponibilité fourragère des pâturages. La constitution de stocks permet d'atténuer les effets catastrophiques des déficits fourragers survenant en saison chaude.

En outre, elle permet d'amorcer un processus d'intensification avec apport de suppléments à ces éléments grossiers. Ce faisant, le prolongement de la durée de stabulation peut être envisagée, ce qui présente un avantage certain en matière de production de fumier. En effet, la quantité ainsi que la qualité du fumier peut être accrue par la contribution des refus à la fixation de l'azote contenu dans les urines et les fèces. A défaut de pouvoir prendre en compte tout le troupeau pour cette action, une catégorie d'animaux peut être ciblée en fonction des objectifs du paysan. Lorsque l'option se dégage pour l'utilisation des pailles à la ferme, le transport est effectué soit immédiatement après la récolte ou différé à un moment où le calendrier du paysan le permet. Dans ce cas-ci, elles sont mises en grands tas et clôturés afin d'empêcher l'accès des animaux. Divers matériaux dont les branchages, les épines, etc, sont utilisés à cette fin . Il est également fréquent de constater le stockage des fanes entre les troncs des arbres se trouvant dans le champ.

Au lieu de brûler ou d'enfouir la fraction non broutée, une autre stratégie des paysans consiste à la collecter pour le recyclage. La contribution à la production de fumure organique est ainsi accrue. A l'exception de la culture du niébé, les pailles des autres cultures peuvent être utilisées à cette fin. Selon nos enquêtes, même les fanes d'arachide sont quelquefois directement évacuées dans les parcs ou dans les compostières. Il s'agit cependant là, d'un cas extrême. Les exploitations possédant des animaux et faisant usage des pailles comme litière, font des stocks quelquefois très importants à proximité des parcs ou des aires de stabulation. L'introduction de la litière commence après l'enlèvement du fumier. Elle se fait progressivement selon un intervalle de temps assez variable d'une exploitation à une autre. Dans tous les cas, selon le besoin, c'est-à-dire au fur et à mesure que les quantités introduites sont mélangées aux bouses des animaux. La litière sert aussi à assécher le parc si bien que la fréquence d'introduction dépend aussi de la pluviosité. Il a été constaté aussi que dans certaines exploitations, les pailles sont introduites dans des fosses. Il ne s'agit pas le plus souvent de fosses spécialement creusées pour le compostage mais plutôt de trous laissés par les travaux de maçonnerie. Ces trous sont réalisés pendant la saison sèche pour y prélever le banco nécessaire à la fabrication de briques et au crépissage des habitations. Au début de l'hivernage, ils sont remplis de pailles puis refermés ou laissés ouvertes. L'emploi des pailles dans le cadre de la production de fumure organique nécessite de la main d'oeuvre et des moyens de transport faisant défaut dans certaines unités de production bien qu'il soit démontré que cela améliore la qualité de la fumure produite aussi bien que la quantité.

D'autres formes d'utilisation des résidus, différentes de celles citées plus haut ont été signalées. Il s'agit notamment de l'emploi des résidus de culture dans la lutte anti-érosive, de la vente, etc. On ne peut cependant prétendre avoir cerné en exclusivité toutes les formes d'utilisation des résidus dans la zone de Koutiala. Ainsi, il n'a pas été évoqué les utilisations des résidus dans la clôture des jardins ou la toiture des hangars. Or, dans chaque exploitation il y a au moins deux hangars. Il y en a également dans les lieux publics et les marchés hebdomadaires.

Il faut cependant signaler que lors du renouvellement des toitures, les anciennes pailles peuvent être recyclées dans les parcs ou sur les tas d'ordures.

Par ailleurs, il n'a été observé ni obtenu de réponse positive à la question de savoir si les pailles (mil, maïs, sorgho) et les tiges de coton font l'objet de transaction.

Les chiffres obtenus présentent néanmoins l'intérêt de donner quelques tendances. Les proportions moyennes des différentes utilisations seront présentées par culture. Ensuite, l'analyse de fréquence indiquera le pourcentage d'unités de production pratiquant telle ou telle forme d'utilisation des résidus de récolte.

Le tableau 5.6 récapitule les avantages et les coûts liés aux différentes formes d'utilisation des résidus de récolte.

*Tableau 5.6. Avantages et inconvénients des différentes formes d'utilisation des résidus.*

	fourrage	éléments nutritifs	matière organique	frais/ travail
brûlage strict	-	+	-	+
litière strict	-	++	++	++
fourrage ferme et litière	++	++	+	++
fourrage champ et brûlage	+	+	+	+
fourrage champ et enfouissement	+	+	+	++
fourrage champ et litière	+	+	+	++

Légende : - pas + peu ++ beaucoup

#### 5.1.4. Flux physique des résidus de récolte

##### a) Méthode de détermination

Les calculs statistiques relatifs aux formes d'utilisation ont été précédés de quelques ajustements sur les données de base. Ainsi, l'hypothèse de travail retenue en ce qui concerne la fraction de paille broutée par les animaux est la suivante pour les différentes cultures :

- 50 % pour le mil et le sorgho
- 80 % pour le maïs
- 100 % pour les fanes d'arachide et de niébé.
- 0 % pour les tiges de coton.

Le choix de 80 % pour les pailles de maïs a été estimé par [Breman & De Ridder \(1991\)](#), et s'explique par

le fait qu'elles sont moins lignifiées. Celui de 50 % dans le cas des mils/sorgho est une supposition faite à partir des résultats des essais effectués à la station de recherche zootechnique de Niono sur ces pailles. Il ressort de ces essais que le taux de refus en paille de mil/sorgho par les animaux est de 40 %. Compte-tenu de la plus forte lignification des pailles en zone Sud par rapport au nord, le chiffre de 50 % a été retenu. Enfin, il a été estimé que les fanes de niébé et d'arachide sont entièrement ingérés tandis que les tiges de coton ne le sont pas du tout. La présence de pailles de mil/sorgho en grande quantité sur les champs après pâture des animaux s'observe aisément en fin de saison sèche et étaye cet état de fait. Il en est autrement pour les autres cultures appréciées en raison de leur plus grande appétibilité par rapport aux précédentes. Cependant, il est des cas où les fanes d'arachide ne sont pas broutées même laissées dans le champ. Cela se produit quand elles sont rendues impropres à l'alimentation des animaux du fait des moisissures.

Ceci implique que l'utilisation ultérieure des pailles après l'alimentation du cheptel se rapporte aux refus. Pour ce qui concerne les tiges de coton, il n'a pas été signalé au cours des enquêtes, qu'elles sont broutées même lorsqu'elles restent pendant longtemps au champ.

Ce sont donc ceux-ci qui sont soit brûlés, enfouis, ou utilisés à d'autres fins. Mais au préalable, les tiges sont coupées du sol. Cela s'effectue de façon échelonnée ou en une seule fois à l'approche de l'hivernage avec des moyens de travail appropriés. Ce travail est effectué le plus souvent par la main d'oeuvre familiale.

Les chiffres présentés dans le tableau 5.7 sont des moyennes pondérées. Ils représentent les proportions moyennes des différentes formes d'utilisation des résidus de récolte. Leur présentation est suivie d'une analyse de fréquence. Ces différents calculs permettent de décrire la façon dont les résidus des différentes cultures sont utilisés dans la zone de Koutiala, ou du moins les tendances, ainsi que l'importance du phénomène étudié au sein de la population enquêtée. Après ces analyses unidimensionnelles, suit l'analyse multidimensionnelle ou multivariée.

## b) Résultats et commentaires

*Tableau 5.7. Importances des différentes formes d'utilisation des résidus (%).*

	Arach	Coton	Mais	Mil	Niébé	Sorgho
Brûlage	0	61	0	34	0	28
Enfouissement	9	0	9	3	0	1
Fourrage au champ	15	0	36	48	15	48
Fourrage à la ferme	65	0	44	2	83	2
Litière	10	38	11	11	0	20
Autre	1	1	0	2	2	1

Total	100	100	100	100	100	100
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Le tableau ci-dessus donne les différentes stratégies d'utilisation des résidus de récolte ainsi que les proportions de chacune d'elles. En plus des proportions qui donnent l'importance relatives des différentes formes d'utilisation des résidus de récolte, des analyses de régression ont été faites en vue de déterminer s'il y a des relations de corrélation entre ces formes d'utilisation et certaines variables de l'exploitation. Ces analyses porteront sur les formes d'utilisation ayant une importance stratégique dans l'alimentation des animaux, ou en raison de l'importance des quantités concernées ainsi que le nombre de paysans impliqués. L'option utilisée dans l'analyse de régression est le 'Backward'. Son choix se justifie par le fait qu'elle permet d'éliminer les relations fallacieuses tout en ne retenant que les facteurs qui ont une vraie relation avec le facteur à expliquer. Dans l'interprétation des résultats de ces analyses, il n'est retenu dans le modèle explicatif que les variables ayant un seuil de signification inférieur ou égale à 0.05.

En plus de ces résultats d'analyse, les opinions exprimées par les paysans sur certaines pratiques seront données ainsi que la proportion de paysans s'étant prononcé sur les différentes réponses. Ceci permet de mieux comprendre certains comportements paysans que l'enquête n'aura pas permis de cerner.

Dans les analyses de régression, sont considérées comme variables dépendantes (ou expliquées), les formes d'utilisations des résidus de récolte. Elles sont exprimées en quantités relatives, c'est-à-dire qu'elles sont obtenues en divisant la quantité de chacune des formes d'utilisation par la superficie totale disponible au niveau de l'exploitation. Quant aux variables explicatives elles sont essentiellement de trois sortes :

**1)** Les 'ressources' qui sont les actifs, le cheptel, l'équipement, la main d'oeuvre salariée, la présence de parc dans l'exploitation. Ces variables sont également exprimées en valeur relative, ce qui signifie que la valeur de chacune de ces variables est divisée par la superficie totale. Cela permet de réduire l'influence de la taille de l'exploitation, donc de standardiser les valeurs saisies au cours des enquêtes. L'importance des facteurs ressources découle du fait qu'ils guident toutes les décisions du paysan. Face à une situation donnée et à des objectifs précis, c'est la dotation en facteurs de production qui détermine les choix d'une unité de production. En plus de ces variables ressources, il a aussi été tenu compte de la distance, celle-ci traduisant la proximité ou l'éloignement du champ par rapport au lieu de stockage ou d'utilisation directe des résidus.

**2)** La 'structure de la production' est désignée ici comme la part de la superficie totale allouée à chaque culture ainsi qu'à la jachère dans chacune des exploitations enquêtées.

La structure de l'exploitation indique le poids relatif des différentes cultures au sein de l'exploitation et par conséquent le volume des travaux à y accomplir. Ainsi, elle détermine les quantités produites ainsi que les besoins en facteurs de production.

**3)** La 'production' est symbolisée par le rendement total obtenu au sein de l'unité de production. Le niveau de production est supposé être déterminant dans toutes les actions du paysan. Le niveau d'autosuffisance alimentaire et le revenu agricole de l'exploitation en dépendent. Or, la satisfaction des besoins, notamment alimentaires, sont au premier rang des préoccupations paysannes. D'autres objectifs, si importantes soient-ils ne sont généralement envisagés qu'une fois ces conditions satisfaites.

4) Enfin, il est à vérifier l'existence de relation entre les formes d'utilisation des résidus de récolte et le niveau d'emploi des engrais, notamment dans les cas de brûlage.

Les types d'engrais qui sont pris en compte dans l'analyse sont ceux employés par les producteurs de la zone. Il s'agit principalement du complexe (coton ou céréale) comme engrais de fond, et de l'urée.

Cette hypothèse peut se faire par approximation d'une théorie qui a fait l'objet d'une grande attention dans la littérature relative à l'adoption des technologies : il s'agit de la théorie se rapportant au processus d'adoption des technologies (Mann, 1978 ; Balcer et Lipman, 1984 ; Wozniac, 1984 ; cités par Ganesh et al, 1992). Selon cette théorie, les technologies peuvent être adoptées de façon séquentielle, indépendante ou simultanée. L'adoption séquentielle suppose qu'une technologie donnée ne peut être adoptée que lorsque celle qui la précède dans la séquence, l'est. L'adoption indépendante suggère que l'adoption d'une technologie peut se faire sans aucun lien avec celle d'une autre ou d'autres. Enfin, l'adoption simultanée veut dire qu'elle se fait au même moment pour différentes technologies.

Les résultats des analyses sont donnés par culture.

#### *Utilisation des fanes d'arachide*

Les fanes sont soit enfouies ou pâturées au champ, soit transportées au niveau de l'exploitation comme fourrage, ou comme litière.

L'enfouissement se rapporte environ à 9 % des fanes d'arachide. L'analyse de fréquence révèle que 6 % des exploitations enquêtées font cette pratique.

Les fanes d'arachide peuvent également être recyclées pour en faire de la fumure organique. Cette pratique est une autre alternative à l'utilisation de ces résidus. Selon les résultats d'enquête, environ 10 % des fanes sont ainsi traitées. Il a été constaté que dans 7 % des exploitations, toute la production de fane a été soit introduite dans le parc à bétail comme litière, ou dans les fosses compostières.

De l'avis des paysans enquêtés, l'enfouissement des fanes aussi bien que son emploi comme litière, concernent surtout les variétés précoces d'arachide dont la récolte intervient avant l'arrêt des pluies. Lorsque les fanes récoltées à cette époque ne sont pas mises à l'abri des pluies, il s'y développeraient des moisissures qui les rendraient ainsi impropres à l'alimentation du cheptel. L'enfouissement ou l'introduction dans les parcs constituent donc des formes alternatives d'utilisation des fanes, à défaut de pouvoir les utiliser dans leur rôle essentiel qui est celui de l'alimentation du bétail.

La proportion de fanes pâturée au champ se rapporte en moyenne à 15 %. Concernant la fréquence de cette pratique, les résultats indiquent qu'elle est constatée dans 10 % seulement des exploitations de l'échantillon. Lors de l'enquête d'opinion, le niveau de la production arachide est la raison fondamentale avancée par certains paysans pour justifier cette attitude. Ceux-ci affirment que lorsqu'un déficit hydrique survient au cours de la campagne, et que le champ d'arachide en est fortement affecté, la production en graines aussi bien qu'en fanes est souvent si faible qu'elle ne justifie pas un transport des fanes. Par conséquent, le paysan ne se donne pas la peine de collecter les fanes qui sont ainsi

abandonnées au champ, à la pâture libre des animaux.

L'utilisation des fanes d'arachide comme fourrage au niveau de l'exploitation porte sur 65 % de la production. Le pourcentage de paysans laissant pâturer la totalité de leur fanes sous cette forme est de 46 %.

L'analyse de ce comportement par rapport aux hypothèses énoncées donne les résultats suivants :

*Hypothèse 1* : La disponibilité en ressource influe positivement sur l'exportation des fanes à la ferme. Le test indique qu'effectivement, le transport des fanes à l'exploitation est en relation avec les ressources, et particulièrement avec l'équipement. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.8 ci-dessous.

Le modèle est significatif au seuil de 5 %. Le coefficient de corrélation entre le facteur explicatif et le facteur à expliquer est de 0.16 et le coefficient de détermination est de 0.02. Ce dernier indique qu'en plus de l'équipement, plusieurs autres facteurs entrent dans la justification de la variation observée entre les exploitations par rapport au problème étudié.

*Tableau 5.8. Résultats d'analyse de régression 'ressource et transport des fanes du champ'.*

Variables	B	T	Sig T
équipement/suptot	203.180	2.331	*
(constante)	53.332	5.789	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0208.

Autrement dit, l'équipement explique très peu la différence qui existe entre les exploitations en ce qui concerne les quantités de fanes stockées.

*Hypothèse 2* : La structure de l'exploitation influe sur la quantité de fanes disponibles pour le stockage au niveau de l'exploitation. Le test confirme cette hypothèse. L'élément de la variable 'structure' entrant dans le modèle est la superficie de l'arachide. Le résultat est présenté dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.9. Résultats d'analyse de régression 'structure de l'exploitation et stockage de fanes'.*

Variables	B	T	Sig T
superficie arachide/suptot	1000.416	4.402	**

(constante)	18.884	1.608	ns
-------------	--------	-------	----

ns= non significatif au seuil de 5 %  
 \*= significatif au seuil de 5 %  
 \*\*= significatif au seuil de 1 %  
 Signification du modèle F=.0000.

Le modèle est significatif même au seuil de 1 %. Le coefficient de corrélation est de 0.40 et le coefficient de détermination est de 0.16.

Ces résultats indiquent qu'il y a une corrélation très faible entre la quantité relative de fanes stockée pour le fourrage à la ferme et la disponibilité en ressources au niveau de l'exploitation. C'est plutôt la structure de la production qui influe sur les quantités transportées à l'enclos des animaux.

Cependant, le nombre d'actifs et l'équipement peuvent bien influencer sur la quantité de fanes transportées. Pour l'ensemble des variables se rapportant aux formes d'utilisation des fanes, l'analyse révèle que la distance n'est pas un facteur explicatif. Cela se comprend d'autant plus qu'en moyenne tous les champs d'arachide sont situés dans un rayon de 800 m de la concession. Environ, 75 % des exploitants ont leur champ d'arachide au plus à 1km de leur habitation.

Le graphique récapitulatif se trouvant à la fin de cette section permet de comparer l'importance des différentes formes d'utilisation des fanes. Ce graphique montre que les fanes d'arachide sont principalement destinés à l'alimentation du bétail, que ce soit au champ ou au niveau de l'exploitation. Ces deux formes combinées englobent environ 80 % de la production paille.

### *Utilisation des tiges de coton*

Les résultats indiquent que les tiges de coton sont essentiellement brûlées ou transportées en vue d'être recyclé en fumure organique.

La proportion moyenne de tiges de coton brûlée est de 61 %. De plus, l'analyse de fréquence indique que 54 %, donc un peu plus de la moitié des exploitations brûle la totalité de leurs tiges. Vues les diverses possibilités de transformation qui s'offrent aux paysans (litière pour les exploitations ayant un noyau bovins ou compostage) cette attitude peut avoir pour causes :

*Hypothèse 1* : L'insuffisance de ressources permettant la mise en oeuvre des référentiels techniques proposées par la Recherche et le Développement. On suppose donc qu'il y a une relation linéaire entre les facteurs ressources et le brûlage des tiges de coton. Cette relation serait de signe négatif, ce qui implique que le brûlage est le fait des exploitations peu pourvues en main d'oeuvre, en équipement, en cheptel, en parc et dont les champs de coton sont très distants.

L'analyse révèle qu'on ne peut pas postuler à une hypothèse de linéarité entre les facteurs 'ressources' et

ce type de comportement. Son explication se situe à un autre niveau qu'à celui de la disponibilité en ressource. On pourrait alors invoquer la tradition du brûlage qui est bien ancrée dans cette zone du fait même que le brûlage était conseillé à un moment donné en tant que moyen de lutte contre les insectes parasites du coton. Il se peut aussi que d'autres objectifs soient poursuivis par le paysan à travers le brûlage. De même, la distance n'agit pas comme facteur explicatif de ce phénomène. En d'autres termes, aussi bien ceux qui disposent de plus de ressources que ceux qui n'en disposent pas, ceux dont les champs sont proches, que ceux dont les champs sont éloignés, brûlent leurs tiges.

*Hypothèse 2* : On peut également supposer que la structure de l'exploitation influe sur l'utilisation des tiges de coton. Le test de cette hypothèse montre que seule la superficie du coton a une influence sur la pratique du brûlage des tiges de cette culture. La relation entre les deux facteurs est de signe positif, ce qui signifie que plus la part du coton est importante dans le système de culture, plus les quantités de tiges brûlées sont également importantes. Il n'y a donc pas d'autres éléments de la structure qui déterminent le comportement du paysan dans le brûlage des tiges, que la superficie du coton elle-même. Ce résultat montre que si cette tendance devait se poursuivre, l'implantation de grandes superficies en coton se traduirait par un appauvrissement progressif du sol en certains éléments nutritifs.

Les résultats sont indiqués dans le tableau 5.10 ci-dessous.

Le modèle explicatif est significatif même au seuil de 1 %. Le coefficient de corrélation entre le facteur 'brûlage des tiges' et les facteurs retenus dans le modèle est de 0.48. Le coefficient de détermination est de 0.23. Ces facteurs n'expliquent même pas 50 % de la variation entre les exploitations.

*Hypothèse 3* : Celle-ci est relative à la relation pouvant exister entre le niveau de production d'une exploitation et sa décision d'utilisation des tiges de coton. Le test révèle qu'il n'y a pas de corrélation entre cette pratique et le niveau de production réalisé. C'est dire donc que les exploitations à production élevée comme ceux à faible production brûlent indifféremment les tiges de coton.

*Tableau 5.10. Résultats d'analyse de régression 'structure de l'exploitation et brûlage des tiges de coton'.*

Variables	B	T	Sig T
superficie arachide/suptot	-1246.481	-1.757	ns
superficie coton/suptot	1837.822	7.584	**
superficie mil/suptot	-347.860	-1.734	ns
(constante)	76.508	.966	ns

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification du modèle F=.0000.

*Hypothèse 4* : Dans ce cas-ci, on suppose que les exploitations employant plus d'engrais sont engagés dans le processus de l'intensification. Par conséquent, elles brûlent moins leurs tiges. Cette supposition a été testée par une analyse de corrélation (bivariée) entre les quantités d'engrais employées par unité de surface et le brûlage des tiges de coton. Elle a révélé qu'il n'y a pas de liaison entre les facteurs en présence. Cela veut dire que le brûlage est pratiqué indifféremment par toutes les unités de production, aussi bien celles qui utilisent plus, ou peu d'engrais. En d'autres termes, l'utilisation des engrais au sein d'une unité de production est indépendante de la façon dont elle gère ses résidus de coton.

En moyenne 38 % des tiges de coton sont utilisés dans la production de fumure organique. Les tiges de coton sont systématiquement collectées à destination des parcs et les compostières dans 32 % environ des exploitations enquêtées. Cela dénote de la timidité de cette action.

Les raisons de ce niveau relativement faible d'emploi des tiges de coton dans la production de fumure organique ont été recherchées à partir des hypothèses suivantes :

*Hypothèse 1* : Plus une exploitation est équipée et dispose d'une main d'oeuvre abondante ainsi qu'un troupeau, plus elle recycle ses tiges de coton. De même, lorsque la distance entre le champ et le lieu de recyclage des tiges n'est pas considérable, il y a une certaine motivation à en faire plus usage. Cette hypothèse est confirmée par le test dont les résultats sont indiqués dans le tableau 5.11 ci-dessous.

*Tableau 5.11. Résultats d'analyse de régression 'disponibilité en ressource et recyclage des tiges de coton'.*

Variabes	B	T	Sig T
Parc	77.974	4.837	**
Distance	-.009	-1.762	ns
(constante)	48.093	3.332	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Le modèle est significatif au seuil de 1 %. Le coefficient de corrélation entre les facteurs est de 0.30. Les facteurs retenus dans le modèle sont la présence de parc et la distance. Toutefois, pour ce dernier facteur, le signe est hésitant au seuil de 5 %. En effet le seuil de signification de ce facteur est de 0.07, donc supérieur au seuil de 5 % fixé plus haut comme condition pour la prise en compte des variables explicatives dans le modèle. On note que la présence d'un parc au niveau de l'exploitation est un facteur stimulant pour l'emploi des tiges. Le coefficient de détermination de 0.09 indique cependant que la variation entre les exploitations par rapport aux critères retenus par le modèle est très faible. Comme on le constate ici également, ni le cheptel, ni l'équipement ne sont prépondérants dans la justification du

recyclage des tiges de coton. La présence de parc conditionne l'utilisation de litière. Mais un parc n'est important que lorsqu'il renferme des animaux, raison pour laquelle il est étonnant que le lien avec le parc soit plus prépondérant que celui qui existe avec le cheptel. En effet le seuil de signification de la probabilité pour qu'il y ait une relation entre l'utilisation des tiges et la variable cheptel est significative mais le lien avec le facteur 'parc' est plus fort.

De même, il n'y a aucun lien entre le nombre d'actifs et la variable à expliquer. Or, la forte présence d'actif par unité de superficie devrait inciter à l'adoption de mesure d'intensification, notamment, une meilleure gestion des tiges qui constituent une importante source de matière organique. D'autre part, la possibilité de collecter des quantités importantes de pailles peut être plus accrue.

*Hypothèse 2* : Le test de l'hypothèse relative à l'influence de la structure de l'exploitation et l'utilisation de la fumure sur le recyclage des tiges indique que les superficies en arachide et en coton ainsi que l'utilisation de la fumure organique ont un effet positif sur le recyclage des tiges de coton. La superficie en coton détermine la production en tiges, tandis que l'utilisation de fumier par unité de surface indique l'engagement de l'exploitation dans le processus d'intensification.

Les résultats sont consignés dans le tableau 5.12 ci-dessous :

*Tableau 5.12. Résultats de l'analyse de régression 'structure de l'exploitation et utilisation des tiges de coton dans la production de fumure organique.*

Variabes	B	T	Sig T
superficie arachide/suptot	1144.301	2.984	
superficie coton/suptot	556.883	4.541	**
quantité fumier/ha	.007	2.457	*
(constante)	-72.810	-2.033	*

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Le modèle est significatif au seuil de 1 %. Le coefficient de corrélation entre les facteurs explicatifs et les facteurs à expliquer est de 0.45. Le coefficient de détermination de 0.20 implique que ces facteurs expliquent 20 % de la variation.

*Hypothèse 3* : Le niveau de production de l'exploitation détermine sa capacité à consentir des efforts pour la collecte et le transport des tiges à l'exploitation en vue du recyclage. Le test révèle que cette hypothèse n'est pas vérifiée. Donc, l'utilisation des tiges de coton est indépendante du niveau de la

production de l'exploitant. On ne peut donc pas conclure à partir de ce résultat, que les exploitations ayant de faibles niveaux de production ont d'autres préoccupations qui les éloignent de telles actions dont le but ultime est d'améliorer leur production par le biais de l'amélioration de la fertilité du sol. Il faudrait cependant garder de vue que le niveau de production, notamment en céréales, est d'un niveau relativement élevé dans l'échantillon enquêté comme l'attestent les résultats sur les productions. On serait donc loin du seuil en deçà duquel, les unités de production seraient amenés à orienter leurs actions vers la satisfaction des besoins, notamment alimentaires, à travers des activités lucratives et par conséquent à se détourner des actions visant à améliorer leurs terres.

D'autre part l'analyse des différents types d'utilisation des tiges de coton par rapport à la distance entre le champ et la résidence du paysan a été faite. Elle révèle qu'aucune des variables de comportement ne s'explique par la distance. Ainsi donc on peut pas postuler à une hypothèse de linéarité entre la forte proportion du brûlage et la distance qui sépare le champ de coton de l'habitation du paysan.

En dehors du brûlage et de l'emploi dans la production de fumure organique, les tiges de coton ont d'autres usages. Il s'agit notamment de l'emploi dans la construction de dispositifs anti-érosifs. Leur contribution dans cette technique est cependant très faible aussi bien du point de vue de la proportion de tige que de celui des paysans impliqués.

Le graphique relatif à l'utilisation des tiges de coton permet de comparer ces différentes pratiques dans leur ordre de grandeur. Il indique que le brûlage, avec 61 % est la pratique la plus importante. Ensuite vient le recyclage dans les parcs et les compostières. Avec une proportion de 38 %, cette technique entrant dans le cadre de l'intensification de la production de fumure organique est encore à la traîne. Enfin une très faible portion sert à d'autres usages.

### *Utilisation des pailles de Maïs*

Les pailles de maïs servent principalement dans l'alimentation des animaux. Leur faible lignification par rapport aux autres céréales de la zone en fait des fourrages très appréciés.

Il ressort de nos enquêtes, que ces pailles également font quelquefois l'objet d'un emploi peu judicieux. Il en est ainsi lorsqu'elles ne sont pas collectées, mais abandonnées à la pâture libre. Les quantités broutées au champ peuvent être estimées à 36 % environ de la biomasse aérienne du maïs après la récolte des épis. L'analyse de fréquence révèle que près de 46 % des exploitations enquêtées procèdent de cette façon.

Compte tenu de la valeur alimentaire de ce type de fourrage, il est quelque peu surprenant de faire ce constat. Les suppositions faites pour tenter d'expliquer cela sont :

*Hypothèse 1* : Le problème de main d'oeuvre, d'équipement, le manque de cheptel, l'absence de parc et la distance sont à la base de ce comportement. Ainsi, il peut être supposé que le manque de main d'oeuvre familiale ou salariée, l'absence de cheptel, la distance, conduisent le paysan à abandonner les pailles de

maïs au champ.

Le test de cette hypothèse indique que les facteurs main d'oeuvre, notamment le nombre d'actif et la présence de parc expliquent cette façon d'utilisation que l'on peut qualifier d'extensive. Toutefois, on note que la quantité de paille directement consommée au champ, varie dans le même sens que la disponibilité en main d'oeuvre.

Cela pourrait s'expliquer par le fait que les exploitations ayant beaucoup d'actifs sont aussi ceux qui ont un cheptel important. En effet, la probabilité qu'il y ait une corrélation entre le nombre d'actif et la taille du cheptel est très significative ( $P=.0001$ ) bien que le coefficient de corrélation soit faible (0.21). Par conséquent, en laissant pâturer leur paille de maïs, il y a de forte chance que ce soit leurs animaux qui en profitent le plus, si évidemment l'objectif du transport de ces pailles était d'éviter que d'autres animaux n'y accèdent. Il se peut également que le champ de maïs soit si proche de l'habitat où se trouve aussi l'enclos des animaux, que la nécessité de la collecte ne soit pas perçue. Une autre argumentation pourrait être que l'abondance de la main d'oeuvre peut être relative par rapport au volume du travail à accomplir au moment du transport des pailles de maïs. Quant au sens de la variation identique entre le facteur parc et celui de la 'quantité de paille broutée au champ', il est négatif. Cela laisse supposer que les paysans n'ayant pas de parc préfèrent laisser pâturer leur paille de maïs au champ.

*Tableau 5.13. Résultats d'analyse de régression 'disponibilité en ressources et pâture des paille de maïs au champ'.*

Variables	B	T	Sig T
actif/suptot	49.734	2.068	*
parc	-82.136	-5.395	**
(constante)	128.894	6.762	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification  $F=.0000$ .

Le modèle est significatif, ce qui signifie que les facteurs qu'il retient ont effectivement une relation avec le facteur à expliquer. Le coefficient de corrélation entre les facteurs est de 0.33, ce qui veut dire que le lien n'est pas très fort. D'autre part, de l'analyse du coefficient de détermination ( $R^2=0.11$ ), il ressort que le niveau d'explication du modèle est également très faible. Ainsi donc, il apparaît que le cheptel ou l'équipement n'ont pas d'influence notable sur ce type de comportement.

*Hypothèse 2* : La structure de l'exploitation a un effet sur l'utilisation des pailles de maïs.

Le résultat du test indique que la superficie consacrée au maïs a une part d'explication dans cette pratique. Plus la superficie du maïs est importante dans le système, plus la quantité broutée au champ l'est aussi. Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.14. Résultats d'analyse de régression 'structure de l'exploitation et pâture des paille de maïs au champ'.*

Variabes	B	T	Sig T
superficie maïs/suptot	708.748	4.731	**
(constante)	46.719	2.842	*

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Les chiffres montrent que le modèle est significatif, ce qui suggère que la variable retenue dans le modèle a bien un rapport avec la variable que l'on cherche à expliquer. Cependant, le coefficient de corrélation est de 30 %, ce qui signifie que l'intensité du lien entre les variables n'est pas élevée. D'autre part, la valeur du coefficient de détermination de 0.09 % indique qu'il y a beaucoup d'autres variables à étudier dans le cadre de la recherche des causes de cette attitude.

*Hypothèse 3* : Le niveau de production peut également amener l'exploitant à choisir cette voie d'utilisation des pailles. Il ressort de l'analyse que cette hypothèse n'est pas confirmée. Il n'y a donc pas de relation de corrélation entre la production et l'utilisation des pailles de maïs.

La proportion de paille de maïs effectivement distribuée aux animaux à l'enclos, se rapporte à 44 % environ de la production paille, déduction faite des refus. Environ 52 % des exploitations enquêtées transportent totalement ou partiellement les pailles de maïs en vue du stockage.

Les raisons qui sont à la base de cela ont été analysées de la façon suivante :

*Hypothèse 1* : La disponibilité en ressource conditionne le transport des pailles à la ferme. Plus une exploitation dispose de main d'oeuvre suffisante, d'équipement et possède du cheptel, plus elle s'investit dans la collecte et le stockage des pailles de maïs.

L'analyse des données par rapport à cette hypothèse révèle qu'il y a une relation entre la quantité de paille stockée par une exploitation et son niveau d'équipement en moyen de transport. Il en est de la même de l'existence d'un parc. La relation est positive dans chacun des deux cas. La charrette constitue le moyen de transport privilégiée en milieu rural. De ce fait elle facilite toutes les activités de transport au niveau de l'exploitation. La prise en compte du parc dans le modèle peut être interprétée comme une plus grande maîtrise des animaux au niveau de l'exploitation, ce qui suppose un entretien et une

alimentation conséquente. En dehors de ces deux facteurs, aucun autre des facteurs supposés être à la base de l'engrangement des pailles de maïs à l'enclos, n'est retenu dans le modèle. C'est le cas notamment de la distance, de la main d'oeuvre et du cheptel. La non prise en compte de la distance se justifierait par le fait que les champs de maïs sont relativement proches des habitations. La décision de transférer les pailles de maïs au niveau de l'exploitation ou non ne dépend pas de la distance. Le cas de la main d'oeuvre peut aussi trouver son explication dans le fait que la période de transport des pailles peut coïncider avec la récolte d'autres cultures.

Les résultats du test sont présentés dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.15. Résultats d'analyse de régression 'disponibilité en ressources et transport des pailles de maïs du champ'.*

Variabes	B	T	Sig T
équipement/suptot	244.560	2.016	*
parc	38.080	2.168	*
(constante)	62.229	3.691	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0092.

Ces résultats indiquent que le modèle est significatif. Toutefois, ni le coefficient de corrélation multiple, ni le coefficient de détermination ne sont élevés. La valeur de 0.18 pour le premier signifie que l'intensité de la relation entre la variable dépendante et les variables indépendantes est faible. La valeur du coefficient de détermination est de 0.03, ce qui implique qu'une grande proportion de la variance de la quantité de pailles de maïs transportée à l'enclos est, selon les paysans enquêtés, due à d'autres facteurs que ceux inclus dans ce modèle.

*Hypothèse 2* : La quantité de paille transportée à l'exploitation dépend de la structure de l'exploitation. L'analyse de cette hypothèse indique que la superficie en maïs influe positivement sur la variable à expliquer, c'est-à-dire l'exportation des pailles de maïs du champ. Donc, plus la part consacrée à la culture dans le système est importante, plus la quantité de paille stockée l'est également. Cela se comprend par le fait que la quantité de biomasse produite dépend à la fois de la superficie emblavée en maïs et du rendement. En raison de la qualité fourragère de cette paille, plus la quantité disponible est importante, plus on en transporte. Les résultats de l'analyse sont consignés dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.16. Résultats d'analyse de régression 'structure de l'exploitation et transport des pailles de maïs du champ'.*

Variables	B	T	Sig T
superficie maïs/suptot	1411.782	7.168	**
(constante)	-27.929	-1.270	ns

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Le modèle est significatif au seuil de 1 %. D'autre part, le coefficient de corrélation est de 0.53. Quant au coefficient de détermination, il est de 0.18. Cela signifie que la variance de la quantité transportée est faiblement expliquée par la superficie du maïs. Celle-ci a donc d'autres causes que le seul facteur superficie.

*Hypothèse 3* : Le niveau de production au sein de l'exploitation détermine ses activités en général et l'utilisation qu'elle fait de ces pailles de maïs en particulier.

Il ressort de l'analyse que le rendement total au niveau d'une unité de production, est négativement corrélé avec le facteur transport des pailles de maïs. Pour expliquer ce phénomène, l'on peut supposer qu'il y a également un lien entre le niveau de production et la taille du cheptel. Si cela est établi, les exploitations à faible production ont aussi le moins d'animaux. La meilleure option serait alors de transférer leur production en paille afin qu'elle profite en exclusivité à leurs animaux. Une autre raison serait que ces exploitations disposeraient de peu de ressource pour acheter des suppléments comme les tourteaux de coton. Il est donc souhaitable pour elles de mettre à profit ce qu'elles ont comme aliment de qualité.

Enfin, la contribution des pailles de maïs à la production de fumure organique porte principalement sur les refus des quantités distribuées à l'enclos. Ils servent de litière dans les parcs ou sont rassemblées et mis dans les compostières traditionnelles. Les quantités entrant dans ce processus dépend de la quantité de fourrage offerte aux animaux dans l'enclos.

La comparaison des deux formes indique que les pailles de maïs sont réparties en parts presque égales entre la consommation au champ même et celle qui se passe au niveau de l'exploitation.

### *Utilisation des pailles de Mil*

Les pailles de mil sont très diversement utilisées dans la zone de Koutiala. En premier lieu, elles servent dans l'alimentation des animaux. Les refus sont soit brûlés ou enfouis au champ lorsque la pâture a lieu au champ. Ils peuvent également être transportés pour servir de litière sur les aires de stabulations des animaux ou être introduits dans les compostières.

Il ressort de nos enquêtes que le brûlage concerne environ 34 % de la paille de mil. Le nombre d'exploitation pratiquant le brûlage se chiffre environ à 70 % des unités de production. Chez 61 % de ces unités, le brûlage des refus est systématique, en somme il se rapporte à toute la biomasse initiale moins la consommation du cheptel. Dans les 9 % restants, il fluctue entre 5 et 40 % des résidus. En tout état de cause, le brûlage intervient seulement après que les animaux aient prélevé les parties de la plante qu'ils peuvent ingérer. Compte-tenu de l'importance de cette quantité et au regard de l'énorme perte en nutriments que cela constitue, les causes ont été recherchées en émettant les hypothèses suivantes :

*Hypothèse 1* : Il est supposé que cette pratique est uniquement imputable à un manque de ressources. Au quel cas, le brûlage des pailles de mil serait observé dans les exploitations ne possédant pas les moyens requis pour une utilisation plus efficace, c'est-à-dire le recyclage dans les parcs ou dans les compostières. Le test confirme cette hypothèse et les facteurs qui entrent dans le modèle explicatif sont les variables 'main d'oeuvre et parc'. Il apparaît que les exploitations ayant des contraintes de main d'oeuvre ou n'ayant pas de parc sont celles qui brûlent le plus leur paille. La disponibilité en main d'oeuvre est importante dans le cadre des activités relatives au transport des pailles de mil comme dans toute autre activité de production. De plus, dans ce cas spécifique, la manipulation des pailles de mil est un travail laborieux et comportant des risques de blessures lors du ramassage. En ce qui concerne la relation avec le parc, l'on peut comprendre qu'une exploitation n'ayant pas de parc où la décomposition des pailles est plus aisée, juge mieux de les brûler au champ. Ce procédé permet aussi de récupérer certains éléments nutritifs, ce dont le paysan est conscient.

Les résultats du test sont consignés dans le tableau ci-après.

*Tableau 5.17. Résultats d'analyse de régression 'disponibilité en ressources et brûlage des pailles de mil'.*

Variabes	B	T	Sig T
actif/suptot	-185.776	-3.182	**
parc	-83.768	-2.230	*
(constante)	494.509	10.248	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0007.

Ce tableau montre que le modèle est significatif. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.24 et le coefficient de détermination est de 0.05. Comme on le constate donc, la relation entre les variables n'est pas forte, bien qu'elle soit indéniable. De plus, le niveau d'explication du modèle montre que l'implication de ces facteurs dans le brûlage des pailles de mil est minime.

*Hypothèse 2* : Le brûlage des pailles de mil est imputable à la structure de l'exploitation. L'analyse des données par rapport à cette hypothèse indique que la structure a effectivement un effet sur la pratique du brûlage. Les variables qui ont une signification dans le modèle au seuil de 5 %, sont les superficies de la jachère et celle du mil. Il apparaît que plus la portion de terre réservée au mil et à la jachère sont importantes, plus le brûlage est constaté. La présence de jachère implique une disponibilité en terre, pouvant inciter à des méthodes extensives d'utilisation des ressources, comme par exemple le brûlage des pailles de mil dans le cas-ci. La superficie du mil traduit le volume de travail exigé tant pour l'arrachage que pour le transport des tiges. Dans les conditions normales, la production et la superficie évoluent dans le même sens. Il s'en suit qu'une grande superficie induit une production importante. D'où un besoin en temps de travail élevé pour les opérations évoquées plus haut. Ce qui entraînerait le recours au brûlage qui constitue l'un des moyens les moins coûteux de nettoyage des champs.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau 5.18 ci-dessous.

*Tableau 5.18. Résultats d'analyse de régression 'structure de l'exploitation et brûlage des pailles de mil'.*

Variabes	B	T	Sig T
superficie coton/suptot	360.962	1.829	ns
superficie mil/suptot	1569.585	9.589	**
superficie jachère/suptot	314.650	2.373	*
(constante)	-125.292	-1.727	ns

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Le modèle est significatif dans sa globalité. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.54 et le coefficient de détermination est de 0.29. Cela atteste de la liaison modérée, entre le facteur brûlage et les facteurs explicatifs. D'autre part, la différence entre les exploitations par rapport à cette pratique est expliquée à 29 % seulement par les facteurs inclus dans le modèle.

*Hypothèse 3* : Plus une exploitation a une bonne performance sur le plan de la production, plus elle a les possibilités de mieux gérer ses résidus de culture, donc d'éviter de faire recours au brûlage. L'analyse révèle que cette hypothèse est à rejeter. En effet, la production influe sur le brûlage des pailles mais le sens de variation des deux facteurs (explicatif et expliqué) est le même. Donc, plus la production au niveau d'une exploitation est importante, plus elle brûle les pailles de mil. Cette situation est difficilement compréhensible. L'explication que l'on pourrait cependant imaginer est que l'augmentation de la production en produits principaux (grains) est accompagnée d'un accroissement de la production paille. Cela induirait donc un volume de travail important pouvant amener l'exploitant à opter pour le

brûlage qui est l'opération la plus simple. Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau ci-après.

*Tableau 5.19. Résultats d'analyse de régression 'Niveau de production et brûlage des pailles de mil'.*

Variabes	B	T	Sig T
rendement total	.009	2.173	*
(constante)	109.991	1.963	*

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0322.

Ces résultats indiquent que le modèle est significatif. Le coefficient de corrélation est de 0.21 et le coefficient de détermination est 0.04. Ce qui signifie que la part du facteur production dans l'explication du brûlage est très faible.

*Hypothèse 4* : Les exploitations qui fertilisent leurs champs de mil avec les engrais sont conscients de l'importance des éléments nutritifs dans la production. Les résidus de récolte en tant que source de nutriments y sont donc mieux gérés. Il s'en suit que celles-ci brûlent moins leurs pailles de mil. L'analyse de régression montre effectivement qu'il y a une liaison inverse entre le niveau d'emploi (quantité par hectare) de l'engrais complexe et le brûlage des pailles. Autrement dit, les exploitations qui utilisent moins d'engrais par unité de surface, brûlent plus leurs pailles.

Les résultats de cette analyse sont consignés dans le tableau 5.20 ci-dessous.

*Tableau 5.20. Résultats d'analyse de régression 'Niveau d'emploi des engrais et brûlage des pailles de mil'.*

Variabes	B	T	Sig T
complexe céréale/sup mil	-2.712	-2.461	*
(constante)	339.029	17.555	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0145.

Le tableau indique que le modèle est significatif au seuil de 5 %. Le coefficient de corrélation est de 15 % et le coefficient de détermination est de 0.2 %.

L'enfouissement constitue la seconde option pour nettoyer le champ, en plus du brûlage. Après déduction de la part prélevée par les animaux au champ, il concerne environ 3 % des pailles de mil, donc une faible portion. D'autre part, l'analyse de fréquence révèle que 5 % seulement des exploitations font cette pratique.

La proportion moyenne de paille de mil broutée au champ est de 48 %. De plus, la pratique est largement répandue dans la zone. En fait, 94 %, soit la quasi-totalité des unités de production abandonnent les pailles de mil dans les champs après la récolte des épis. Pour tenter d'expliquer ce état de fait, il a été supposé :

*Hypothèse 1* : Ce comportement est attribuable à un manque de main d'oeuvre, d'équipement, de cheptel, à la distance du champ. Le test de cette hypothèse montre que la main d'oeuvre et le cheptel ont une signification dans l'explication de cette conduite. Toutefois, il faut signaler que la probabilité de relation entre le facteur main d'oeuvre et le facteur dépendant est supérieur au seuil admis comme condition. D'autre part, le sens de la relation entre le facteur à expliquer et les facteurs explicatifs est négatif pour la main d'oeuvre et positif pour le cheptel.

Ceci voudrait dire que la possession de troupeau en grand nombre incite le paysan à opérer de cette façon car malgré le mode de conduite libre des animaux, il est sûr que ses animaux profiteront plus que ceux venant d'autres exploitations. Cette option est d'autant plus rationnelle que le problème en main d'oeuvre se pose. Il apparait effectivement dans le modèle que plus le manque de main d'oeuvre se manifeste, en présence d'une abondance de troupeau, plus le choix de l'exploitation est porté sur la pâture au champ. Les résultats de cette analyse sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.21. Résultats d'analyse de régression 'Disponibilité en ressource et pâture des pailles de mil au champ'.*

Variabes	B	T	Sig T
cheptel/suptot	24.361	2.003	*
actif/suptot	-102.489	-1.719	ns
(constante)	483.518	11.043	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0547.

On constate que le modèle est significatif au seuil de 5 %. Le coefficient de corrélation multiple est de

15 % et le coefficient de détermination est de 0.02. Cette valeur suggère que ces facteurs expliquent très partiellement ce type de comportement. Il se pourrait que ce soit plutôt une habitude pour toutes les exploitations de la zone, d'autant plus que tous n'ont pas un effectif élevé en cheptel.

*Hypothèse 2* : La structure de l'exploitation a une influence sur l'utilisation des pailles de mil. L'analyse des données par rapport à cette hypothèse indique que les superficies en jachère, en mil et en coton ont une relation avec la pratique de la pâture libre des pailles de mil au champ. Le sens de cette relation montre que chacune des variables citées a une relation positive avec la variable à expliquer.

La relation entre la disponibilité en jachère et la pâture des pailles de mil au champ peut s'expliquer s'il existe une corrélation entre la taille du cheptel et la superficie de la jachère. Dans ce cas, on peut considérer que les exploitations ayant beaucoup de jachère, possèdent également beaucoup d'animaux. Ceci les conduirait donc à la pratique de la pâture libre dont les raisons ont été évoquées plus haut. Il se peut également que la jachère soit très proche et serve également de pâturage pour les animaux de l'exploitation. Dans ce cas-ci, l'alimentation ne constitue plus une contrainte, et par conséquent la nécessité de mieux gérer le potentiel disponible peut disparaître.

Pour ce qui concerne les superficies en mil et en coton, l'allocation de grandes surfaces simultanément à ces deux cultures peut créer un goulot d'étranglement au moment de la récolte, conduisant les paysans à faire face d'abord à l'activité qui est la plus importante. Comme évoqué plus haut, la récolte du coton s'effectue en 2 ou 3 passages dans le champ. Le premier passage se fait avant la récolte du mil et les deux autres se font après. Un retard prolongé dans la poursuite des deux autres phases peut entraîner une dépréciation de la fibre de coton. Or, les périodes de récolte du coton et des céréales se chevauchent. Ceci a pour conséquence d'amener les paysans à se borner à la récolte des épis de mil qui s'effectue en faisant coucher simplement les tiges au sol sans les arracher complètement. Ce faisant, la récolte du coton n'est pas compromise mais l'arrachage des pailles de mil en vue du stockage peut en être affecté.

Les résultats du modèle sont présentés dans le tableau 5.22 ci-dessous.

*Tableau 5.22. Résultats d'analyse de régression 'Structure de l'exploitation et pratique de la pâture des pailles de mil au champ'.*

Variabes	B	T	Sig T
superficie coton/suptot	554.976	4.121	**
superficie mil/suptot	2284.857	20.457	**
superficie jachère/suptot	238.895	2.641	**
(constante)	-170.650	-3.447	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Le modèle est significatif dans sa globalité. Le coefficient de corrélation multiple est de 0.82 et le coefficient de détermination est de 0.67. Cela signifie que les facteurs en présence sont fortement liés. D'autre part, les facteurs indépendants expliquent 67 % de la variance sur le phénomène observé.

Hypothèse 3 : La production réalisée au sein de l'exploitation est négativement corrélée avec le fait de laisser pâturer les pailles de mil au champ. L'analyse des données montre que cette hypothèse n'est pas vérifiée. Au contraire, on constate que la production est positivement corrélée avec le facteur à expliquer. Cela peut être dû soit au hasard, soit à une grande production de paille qui créerait un besoin en main d'oeuvre pour le transport. Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

*Tableau 5.23. Résultats d'analyse de régression 'Niveau de production et pratique de la pâture des pailles de mil au champ'.*

Variable	B	T	Sig T
rendement total	0.111	3.175	**
(constante)	257.310	5.428	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0020.

Le modèle est significatif au seuil de 1 %. Le coefficient de corrélation est de 0.30 et le coefficient de détermination est de 0.09. La conclusion que l'on peut tirer à partir de ces chiffres est que le niveau d'explication du modèle étant très faible, on ne devrait donc pas s'attendre à une variation du facteur à expliquer, par suite d'une variation de la production totale réalisée .

Contrairement aux pailles de maïs, les pailles de mil sont très peu utilisées dans l'alimentation des animaux au parc. Les enquêtes révèlent qu'en moyenne 1 % de la paille produite transite par la ferme pour être consommée par le troupeau et qu'environ 3 % seulement des exploitations s'investissent dans cette voie.

Puisque les pailles de mil sont rarement transportées à l'enclos, la fraction utilisée comme litière ou entrant dans la production de fumure organique d'une façon générale provient essentiellement des refus au champ. Les enquêtes révèlent qu'en moyenne, 11 % des pailles sont repartis entre les compostières traditionnelles et les parcs. L'analyse de fréquence montre que cela se fait dans 25 % des exploitations.

La proportion de pailles de mil allant vers d'autres usages est d'environ 1 %. Dans notre cas, il s'agit de

la lutte anti-érosive. Il s'agit dans ce cas également des tiges restées après le broutage des animaux. Tout comme la proportion utilisée, le nombre d'exploitants impliqué dans cette technique est également faible. Il ressort de notre enquête que le nombre de paysans utilisant les tiges de mil dans le cadre de la lutte anti-érosive est très faible et se chiffre à 2 % des exploitations enquêtées.

A observer de près ces résultats, on constate que les pailles de mil occupent une place très importante dans l'alimentation du bétail. La consommation totale c'est-à-dire celle qui est directement prélevée au champ plus celle qui est collectée après la récolte et distribuée à la ferme, équivaut à 50 % de la paille produite. Ceci correspond à ce qui peut être effectivement consommé par les animaux. Autrement dit, les pailles de mil sont au préalable à la disposition des animaux. C'est la partie non consommée qui est affectée aux autres usages.

### *Utilisation des fanes de niébé*

Les fanes de niébé servent exclusivement à l'alimentation du cheptel. Les enquêtes ont révélé qu'elles sont soit distribuées au niveau de la ferme, soit consommées au champ. Dans ce cas-ci, elles ne sont pas au préalable arrachées du sol. La vente de ce produit a été rarement notifiée, que ce soit à l'intérieur du même village ou entre villages voisins.

La consommation des fanes de niébé au champ n'est pas négligeable. Elle concerne environ 15 % de la production. Toutefois cette forme d'utilisation extensive n'est pas fréquente. Selon nos enquêtes, elle est le fait d'environ 8 % des exploitations. Cette solution serait envisagée uniquement pour les variétés à grains moins productives en fanes selon les paysans enquêtés.

Le transport pour la distribution ultérieure se rapporte à 83 % de la production. Cette pratique est d'ailleurs très courante et traduit la bonne valeur fourragère des fanes de niébé. L'analyse de fréquence indique que dans 42 % des unités de production les fanes de niébé sont systématiquement acheminées et stockées sur les hangars des concessions.

Pour ce qui concerne la vente de ces produits, le nombre de paysans impliqués est de 1 %. A cette question d'ailleurs presque tous les paysans ayant consacré une partie de leur terre à cette culture ont affirmé que la production qu'ils réalisent est même insuffisante pour couvrir les besoins de leurs propres animaux. La vente occupe la dernière position dans la stratégie d'utilisation du paysan. Sans pour autant minimiser les autres facteurs, cela est certainement imputable au fait que presque toutes les unités de production sont à la fois agriculteurs et éleveurs.

### *Utilisation des pailles de Sorgho*

Tout comme les pailles de mil, celles du sorgho ont également un usage assez diversifié. Elles constituent d'abord une source fourragère pour les animaux. Ensuite, les refus peuvent être recyclés par brûlage ou enfouissement au champ. Dans certains cas, ils transitent par les parcs ou les fosses compostières où ils sont mélangés aux bouses et autres déchets domestiques ils participent à la

production de fumure organique.

Selon nos résultats d'enquête, la proportion moyenne de pailles brûlées est de 23 %. L'analyse de fréquence révèle qu'un nombre important d'exploitations de la zone (63 %) procèdent au brûlage des refus lors des opérations de nettoyage des champs précédant la reprise des travaux agricoles. Parmi elles, 44 % le font de façon systématique, c'est-à-dire qu'ils brûlent la totalité des refus après pâture. Les 19 % restants le font partiellement.

Les raisons susceptibles d'expliquer cela sont entre autres :

*Hypothèse 1* : La disponibilité en main d'oeuvre, en cheptel, en équipement, l'éloignement du champ de sorgho. L'analyse des données révèle que parmi les facteurs cités, c'est la distance et l'existence de parc au niveau de l'exploitation qui ont une relation avec la variable expliquée.

L'observation du sens de cette relation indique que plus la distance augmente, plus la quantité de paille brûlée au champ augmente également. Cela veut dire que la distance décourage toutes les initiatives des exploitants en direction d'une meilleure gestion des pailles. Pour ce qui concerne la variable ' parc', le signe de sa relation avec la variable à expliquer indique que les exploitations qui disposent de parc brûlent peu leur paille. La justification de cette relation est que le parc permet de mieux recycler les résidus. Les résultats de l'analyse sont consignés dans le tableau 5.24 ci-dessous.

*Tableau 5.24. Résultats d'analyse de régression 'Disponibilité en Ressource et brûlage des pailles de sorgho'.*

Variabes	B	T	Sig T
distance champ sorgho	.037	2.212	*
parc	-139.379	-3.023	**
(constante)	376.214	8.876	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0010.

Le modèle est significatif et le coefficient de corrélation est de 0.22. L'analyse du coefficient de détermination ( $R^2$ ) indique que ce modèle explique une très faible proportion de la variance (5 %) entre les exploitations. Les 95 % restants sont expliqués par d'autres facteurs, différents de la disponibilité des ressources considérées dans cette étude.

*Hypothèse 2* : Le rendement total de l'exploitation justifie ses options d'utilisation des résidus de récolte.

L'analyse des données indique que dans le cas présent, cette hypothèse doit être rejetée. Il n'y a pas de relation de cause à effet entre le niveau de la production et le brûlage des pailles de sorgho.

*Hypothèse 3* : De même que pour les cultures du coton et du mil, il est supposé qu'il y a une relation inverse entre l'emploi d'engrais et le brûlage des pailles de sorgho. Le test montre que cette hypothèse est vérifiée. En effet, moins on fait usage de complexe céréale dans une exploitation, plus on y brûle les pailles de sorgho. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 5.25 ci-dessous.

Tableau 5.25. Résultats d'analyse de régression 'Niveau d'emploi des engrais et brûlage des pailles de sorgho'.

Variabes	B	T	Sig T
complexe céréale/sup mil	-3.246	-2.506	*
(constante)	350.618	14.756	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0128.

Le modèle est significatif au seuil de 5 %. En outre, le coefficient de corrélation est de 15 % et le coefficient de détermination est de 0.2 %.

L'enfouissement des pailles de sorgho porte sur une très infime partie. Il a été noté qu'environ 1 % des pailles de sorgho est enfoui. De plus, cette pratique n'est pas répandue puisqu'elle n'a été notée que dans 3 % des unités de production.

Les champs de sorgho font partie des lieux de pâture des animaux en saison sèche. Une bonne partie de la biomasse aérienne contribue à cela, après la récolte des épis. Il est estimé qu'en moyenne 49 % de la production en paille est consommée dans les champs. Selon nos résultats d'enquête, 97 % des exploitations, laissent brouter la totalité ou une partie des pailles de sorgho au champ.

Les raisons de ce type de gestion pourraient être les suivantes :

*Hypothèse 1* : L'abandon des pailles de sorgho au champ se justifie par le manque de ressources. Une exploitation ne disposant pas de moyens suffisants n'a d'autre choix que de laisser pâturer sa production au champ.

L'analyse des données indique que cette hypothèse n'est pas vérifiée. Parmi les variables introduites dans le modèle, seul le facteur main d'oeuvre est retenu. Cependant, le constat est que plus il y a de la main d'oeuvre, plus les pailles de sorgho sont abandonnées au champ où elles sont pâturées par les animaux.

Comme indiqué plus haut, il y a une corrélation entre le nombre d'actifs au niveau d'une exploitation et la taille de son cheptel. Partant de cette relation, on peut supposer que c'est parce-qu'une exploitation a un nombre élevé d'animaux qu'elle laisse brouter sa production en paille au champ. Autrement, ce n'est pas parce-qu'une exploitation est limitée en main d'oeuvre qu'elle choisi de laisser ses pailles au champ. Cette conclusion se confirme d'ailleurs par le coefficient de détermination très faible du modèle, ce qui signifie que la main d'oeuvre n'est pas un critère suffisant pour différencier les exploitations par rapport à cette pratique. Par ailleurs, on constate que ni la distance, ni les autres facteurs ressources, n'ont d'effet sur la pratique considérée.

Les résultats sont présentés dans le tableau 5.26 ci-dessous.

*Tableau 5.26. Résultats de l'analyse de régression 'Disponibilité en ressources et pratique de la pâture des pailles de sorgho au champ'.*

Variabes	B	T	Sig T
actif/suptot	124.969	2.076	*
(constante)	494.147	11.564	**

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0389.

Le modèle est significatif au seuil de 5 %. Le coefficient de corrélation est de 0.12 et le coefficient de détermination est de 0.02.

*Hypothèse 2* : La structure de l'exploitation détermine les possibilités d'utilisation des résidus de récolte en général et la décision de laisser brouter la paille de sorgho en particulier. Le test de cette hypothèse révèle que deux facteurs clés agissent sur la décision du paysan de laisser pâturer ses pailles de sorgho au champ. Il s'agit de la superficie consacrée au coton et de celle allouée au sorgho même. Il ressort de l'analyse que la superficie en sorgho évolue dans le même sens que les quantités pâturées au champ. Cette relation s'explique certainement par l'abondance de la biomasse produite, consécutivement à la taille de surface cultivée. Il s'en suit qu'un autre type de gestion exigerait un volume de travail important pour l'arrachage qui du reste doit s'effectuer le plus tôt possible si l'on tient à exporter la paille du champ. Ce choix peut avoir pour conséquence, de provoquer un goulot d'étranglement dans le calendrier du paysan. D'où son option pour la pâture au champ.

Quant au sens de variation de la superficie du coton par rapport à la variable dépendante, il s'explique difficilement. Toutefois l'on peut supposer que la superficie en coton est corrélée avec la taille du cheptel et que ce faisant, une exploitation ayant une faible superficie en coton ne possède pas d'animaux ou en a peu pour justifier la prise de mesure visant à éviter de laisser brouter ses pailles au champ.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau 5.27 ci-dessous.

*Tableau 5.27. Résultats de l'analyse de régression 'Structure de l'exploitation et pâture des pailles de sorgho au champ'.*

Variabes	B	T	Sig T
superficie coton/suptot	-350.685	-2.176	*
superficie sorgho/suptot	1612.985	12.602	**
(constante)	127.524	2.297	*

ns= non significatif au seuil de 5 %

\*= significatif au seuil de 5 %

\*\*= significatif au seuil de 1 %

Signification F=.0000.

Le modèle est significatif et le coefficient de corrélation multiple est de 0.74. Le coefficient de détermination ( $R^2$ ) est de 0.55.

Le transport des pailles de sorgho en vue de combler le déficit ultérieur des pâturages en fourrage, est très limité. Cela, tant du point de vue de la proportion transportée que du point de vue du nombre d'unités de production le faisant. Sur la base de cette étude, la proportion de paille de sorgho utilisée dans l'enclos des animaux peut être estimée à 2 %. Quant à la fréquence de cette activité, on peut estimer à 2 % le nombre d'enquêtés qui stockent la totalité de leur pailles et à 3 % ceux qui le font partiellement. A part ceux-ci, la grande majorité des exploitations ne s'adonnent pas à cette tâche. Il accordent donc la préférence à la pâture libre.

Les refus d'ingestion de pailles entrent dans la fabrication de fumier ou de compost. Ainsi, il est estimé que 20 % des pailles de sorgho servent à la production de fumure organique sous forme de compost ou de fumier avec litière. Au regard du nombre d'exploitations qui y consentent, cette technique n'est pas encore très généralisée. Le constat est que l'échantillon se partage en parts égales entre ceux qui adhèrent à cette voie d'intensification et ceux qui n'y adhèrent pas. De plus, parmi, les adhérents, il y en a qui n'incorporent pas la totalité des pailles dans ce processus. Ceux qui font composter ou utilisent comme litière la totalité des refus constitue 29 % de l'échantillon.

Au cours de ces enquêtes, il a pu être observé que les pailles de sorgho sont aussi utilisées dans la lutte anti-érosive. Environ 1 % seulement de la pailles de sorgho est destiné à ce genre d'action. D'autre part, il a été constaté que moins de 1 % des exploitations font usage de ces pailles comme moyen de lutte contre l'érosion. Elles sont dans ce cas utilisées dans la réalisation de diguettes anti-érosives.

La comparaison de ces différentes formes de gestion montre qu'avec 50 %, l'alimentation du cheptel est la principale fonction assurée par les pailles de sorgho. Cela confirme que ces produits jouent un rôle non négligeable dans la survie du cheptel.

## 5.2. Contraintes à l'utilisation des résidus de récolte

En plus de la saisie et de l'analyse des caractéristiques des unités de production, nous avons procédé à des interviews afin de connaître les contraintes réelles qui pèsent sur la décision des producteurs en matière d'utilisation efficace des résidus de récolte. L'avis des paysans a été recueilli à l'aide d'une question ouverte et les réponses données sont assez diverses. Certains ont évoqué une ou plusieurs contraintes, tandis que d'autres affirment n'en avoir aucune. Les contraintes ressorties sont entre autres, le manque ou l'insuffisance d'équipement, de main d'oeuvre, la distance, le manque de financement, de moyen de stockage, d'animaux, et autres. Les réponses désignées par autres sont surtout d'ordre organisationnel. En effet, lorsque les paysans qui donnent cette réponse sont amenés à aller dans le fond de leur pensée, ils affirment qu'ils sont bien conscients de la nécessité de mieux gérer leur résidus. Ils ont d'ailleurs reçu beaucoup de conseils dans ce sens de la part de leur organisme d'encadrement. Seulement avancent-ils, ce sont les jeunes qui sont chargés de la plupart des activités de l'exploitation. Ceux-ci manqueraient de courage et pour se justifier, ils prétendent que l'utilisation de la paille comme litière rend les animaux malades. Pour d'autres, le ramassage des tiges est un dur labeur. Il en est de même du creusement des fosses pour la réalisation de compostière. Cette technique peut être une alternative pour la production de fumier dans les exploitations ne disposant pas de troupeau.

Il faut noter en plus de cela que certains paysans brûlent leur paille car selon eux, c'est également une façon de fertiliser le champ. Pour d'autres également, il est nécessaire pour la cohésion de la famille, d'accorder aux jeunes après les travaux de l'hivernage, un temps libre qu'ils mettront à profit pour exercer des activités rémunératrices dans le but de satisfaire certains besoins que les revenus de l'exploitation ne permettent pas de leur procurer. Ce qui est difficilement conciliable avec les activités de recyclage des résidus de récolte.

L'analyse de fréquence de ces résultats figurent dans le tableau 5.28 ci-dessous.

*Tableau 5.28. Résultats d'analyse de fréquence sur les contraintes au transport des résidus de récolte.*

	% de paysans	Nb obs
équipement	28	254
main d'oeuvre	15	248
distance	9	253
financement	5	253
stockage	3	253

animaux	9	253
autre	23	254
aucune	39	255

---

**Figure 2** : *Utilisation des résidus de récolte*

Il ressort de ce tableau que 39 % des exploitations n'ont aucune contrainte au transport des résidus de récolte. Parmi celles-ci, il y en a qui en font effectivement, tandis que certains n'en font pas ou en font partiellement. Certes, il est possible qu'il y ait des contraintes lorsque l'exploitant qui ne pratique pas ou peu voudra s'y investir. Mais la réponse donnée ici voudrait dire pour ces derniers, que la non adoption des techniques n'est pas liée à une contrainte quelconque. Elle dépend plutôt de la perception qu'a le paysan du problème posé, c'est-à-dire celui de l'utilisation des résidus de récolte de telle ou telle façon.

La contrainte signalée comme étant la plus importante est celle de l'équipement. Elle a été évoquée par 28 % des exploitations parmi lesquelles certaines sont déjà dotées de charrette. Pour cette dernière catégorie de paysans cette réponse signifie que la capacité de transport de la charrette asine est faible. Par contre, pour les autres, c'est l'une des conditions essentielles à l'adoption des techniques d'utilisation des résidus de récolte. Certes, il arrive quelquefois qu'une exploitation emprunte une charrette auprès d'une autre. Cela est cependant de nature à limiter ses ambitions compte-tenu du fait que cet emprunt est toujours à durée limitée. Selon les résultats obtenus, l'emprunt pour le transport des divers types de résidus concerne 5 % des exploitations enquêtées. Aucun cas de location n'a été noté spécifiquement pour ce travail.

En plus de l'équipement, les autres contraintes signalées sont la main d'oeuvre, la distance, le financement, les animaux et les contraintes non spécifiées.

La contrainte de main d'oeuvre a été notifiée par 15 % des unités de production.

Le manque de moyen financier est signalée par 5 % des exploitations. Il ressort des discussions informelles avec les paysans, que la manipulation des résidus de culture est un travail laborieux en ce sens qu'il y a souvent des risques de déchirures par les tiges. Cela découragerait souvent les actifs et notamment les jeunes qui sont la plupart du temps chargés de ce travail. Ces derniers invoquent donc quelquefois des motifs pour ne pas effectuer ce travail. Une exploitation disposant de moyens peut donc recruter un salarié pour s'en occuper.

La distance ressort comme contrainte au transport dans 9 % des cas.

Le manque d'animaux a été également évoqué dans 9 % des cas. Les exploitations n'ayant pas de troupeau ne voient pas l'utilité de transporter leurs résidus de culture. Ils préfèrent donc laisser les animaux pâturer sur ce qui peut l'être et brûler l'ensemble ou une partie au démarrage des travaux champêtres.

Enfin, les réponses désignées par 'autres' ont été avancées par 23 % des unités de production. L'analyse faite au niveau global, c'est-à-dire sur l'ensemble de l'échantillon a révélé que la disponibilité en ressources qui est supposée expliquer le comportement des paysans par rapport à l'utilisation des résidus de récolte n'était pas déterminante. Ceci nous a conduit à nous situer à une échelle plus petite, celle du village, pour l'analyse de la situation.

Dans cette analyse, nous nous bornerons à la pratique du brûlage qui constitue un gaspillage des ressources rares (les nutriments). Les résultats présentés dans le tableau ci-dessous se rapportent aux proportions moyennes de pailles de coton, mil et sorgho brûlées.

*Tableau 5.29. Proportions moyennes de résidus de récolte brûlées par village.*

Villages	1	2	3	5*	6*	7	8	9*	10*	11	12*	13
coton	48	36	5	92	62	66	71	76	86	18	100	45
mil	20	17	27	38	48	40	13	50	41	27	48	46
sorgho	0	5	23	28	48	28	28	37	47	12	46	29

La tendance qui se dégage de ces chiffres est que la proportion de paille brûlée en coton, mil et sorgho est plus élevée dans les villages 5, 6, 9, 10, et 12 par rapport aux autres villages.

Dans le but de vérifier si cette tendance est vérifiée statistiquement, deux groupes de villages ont été constitués en vue de l'analyse de variance. Le groupe 1 représente les villages 1, 2, 3, 7, 8, 11 et 13, tandis que les autres villages forment le second. Les quantités moyennes de pailles utilisées dans les deux groupes ainsi constitués ont été comparées. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau 5.30 ci-dessous.

*Tableau 5.30. Analyse de variance entre groupes de villages par rapport aux quantités de pailles utilisées comme litière.*

Variabes	Nb obs	Moyenne	Ecart-type
Groupe 1	127	904	650
Groupe 2	59	306	428

Test d'égalité des variances :  $F=13.619$   $P=.000$

Test t d'égalité des moyennes : Signification=.000

Ces résultats d'analyse indiquent qu'il y a une différence significative entre les deux groupes de village. Ceci laisse supposer qu'il y a des raisons particulières liées à la situation objective de ces villages qui

expliquent le comportement différentiel des exploitations qui y sont présentes. A défaut de pouvoir étayer cela par manque de données, les suppositions qui peuvent être faites pour expliquer ce état de fait, toute chose étant égales par ailleurs, sont entre autres :

- il y a des disponibilités en terre dans ces villages ;
- la proportion de bonnes terres est importante ;
- l'occupation humaine de ces terroirs est plus récente ;
- la position géographique par rapport aux grands centres fait qu'il y a une plus faible pression sur le foncier.

L'analyse de variance révèle qu'il y a une différence entre les deux groupes (au seuil de 1 %) par rapport à la superficie moyenne par actif et au rapport superficie jachère/superficie totale.

D'autre part, en observant de près le pourcentage de paysans qui brûlent la totalité de leurs tiges, on peut dresser le tableau ci-après, par village.

*Tableau 5.31. Pourcentage de paysans brûlant la totalité de leurs pailles.*

Villages	1	2	3	5*	6*	7	8	9*	10*	11	12*	13
coton	41	33	0	88	47	55	71	76	82	18	88	39
mil	33	22	46	63	48	76	18	100	70	55	81	92
sorgho	0	6	27	44	88	33	25	56	88	18	81	39

Ces résultats confirment les observations faites dans le tableau précédent. Ceci étant, on peut conclure que si la disponibilité en ressources au niveau paysan ne permet pas d'appréhender correctement les véritables causes du brûlage des résidus, l'analyse au niveau village, avec les tendances qu'elle dessine, permet de faire quelques hypothèses. Ainsi donc, on peut dire qu'il y a encore des alternatives de production, autrement dit, que les ressources en terre ne sont pas très limitées, dans les villages où le brûlage est largement pratiqué. Les résultats de l'analyse de variance faite par rapport à deux facteurs importants dans le recyclage des tiges, à savoir, la disponibilité en cheptel et en équipement, corroborent cela. Ils indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes de villages .

En dehors d'autres mesures incitant à mieux gérer ces ressources, il n'est pas sûr que les paysans s'y investissent.

### **5.3. Utilisation de la fumure organique**

Les données relatives à la fumure organique ont été obtenues par interview des paysans de l'unité de recherche constituée. Elles se rapportent à la fumure d'origine animale ainsi qu'au compost et aux ordures ménagères. Les aspects couverts par l'enquête ont été évoqués dans la partie méthodologie.

### 5.3.1. Description des types de fumure organique rencontrés

Les types de fumures signalés par les paysans enquêtés sont le fumier, le compost, et les ordures ménagères.

Le fumier est constitué des déjections animales mélangées ou non à la paille. Les pailles interviennent en général dans la production de la fumure organique chez les paysans détenteurs de troupeau. Elles servent alors de litière dans les parcs en vue d'accroître la production de fumier et d'en améliorer la qualité. Divers types de pailles sont utilisés, dont les résidus de culture, les déchets de battage et les pailles de brousse. Dans les unités de production où cet emploi est courant, l'introduction se fait en grande quantité, après le transport du fumier. Le parc est alors vide et peut recevoir un volume important de paille. Par la suite, elle se fait de façon progressive selon les besoins, c'est à dire, au fur et à mesure que les pailles introduites sont décomposées sous l'effet conjugué du piétinement par les animaux, des bouses et des eaux de pluie. La fréquence d'introduction dépend donc aussi de la pluviosité, les pailles servant aussi à l'assèchement des parcs.

Pour ce qui concerne les petits ruminants, leurs déjections ne peuvent être obtenues sans mélange qu'au cas où ceux-ci sont mis à l'enclos ou au piquet, après la pâture. Dans le cas échéant, leurs excréments sont dispersés à travers la concession. Lors des balayages, ils sont rassemblés et mis sur les tas d'ordure. La litière n'est pas utilisée dans les enclos des petits ruminants.

Les ordures ménagères utilisées en tant que fumure organique sont constituées des déchets domestiques provenant des balayages. En plus de ces produits, divers résidus de récolte y sont également déposés. Il s'agit notamment des pailles transportées du champ et des déchets de battage qui sont quelquefois repartis entre les parcs et les tas d'ordures. Cette stratégie est souvent adoptée par les paysans ne possédant pas de troupeau. Les dépôts ainsi constitués, sont arrosés dans certains cas avec les eaux de vaisselle ainsi que diverses eaux usées afin de favoriser la décomposition des matériaux dégradables qui y sont incorporés.

Le compostage des résidus de récolte selon les normes recommandées est d'usage peu courant dans les villages où les enquêtes se sont déroulées. La forme de compostage observée consiste à introduire la paille dans une fosse qui est ensuite fermée ou laissée ouverte selon que son diamètre soit grand ou réduit. La fosse est vidée de son contenu lorsque la décomposition arrive à terme. Le temps de décomposition peut durer plus d'une campagne.

Les raisons évoquées par les paysans comme frein à l'adoption de cette méthode de fabrication de fumure organique est la force de travail qu'elle exige pour le creusement de la fosse ainsi que le problème d'eau qui se pose pour l'arrosage. Pour remédier au problème de main d'oeuvre, certains paysans exploitent les anciens trous de banco qu'ils laissent ouverts à cause de leur grand diamètre. Ceci présente l'inconvénient de faire durer la décomposition de ces résidus, celle-ci n'intervenant qu'au bout de plusieurs campagnes.

### 5.3.2. Provenance de la fumure utilisée

Il ressort de nos enquêtes que la fumure organique utilisée au niveau des exploitations est essentiellement d'origine interne. Les transactions portant sur la fumure organique sont très rares. Ainsi, il n'a été noté aucun cas de vente de fumure organique. Des dons ont été signalés dans deux exploitations seulement, soit moins de 1 % des unités de production enquêtées. La fumure provenant des animaux est collectée principalement au niveau des parcs ou autres aires de stabulation nocturnes des animaux ainsi que sur les lieux d'abreuvement. La stabulation nocturne de façon tournante des animaux à l'intérieur des champs est, selon les paysans, en voie de disparition en raison des risques élevés de vol. Donc, dans la plupart des exploitations, les animaux sont parqués le soir. La quantité de fumier collectée dans une exploitation ayant des animaux dépend donc du temps de présence de ceux-ci dans l'enclos. Chez la plupart des personnes enquêtées, elle est de 14 heures pour les bovins. Les fèces déposés en dehors de ces lieux ne sont pas ramassés et contribuent, au cas où elles le sont sur les champs ou les pâturages, à la fertilisation de ces endroits. A part l'utilisation agricole de la fumure, aucune autre forme d'emploi n'a été signalée. Selon les personnes enquêtées, la fumure produite est utilisée à plus de 90 % sur les champs communs, et principalement sur les cultures du coton et du maïs

### 5.3.3. Période de transport et main d'oeuvre

La fumure disponible est transportée pendant tout le long de la saison sèche. Ainsi, il a été constaté des dépôts de fumure dans certains champs dès le mois de Février. Cela s'expliquerait par une insuffisance de main d'oeuvre au niveau de l'exploitation, selon les paysans enquêtés. Ce transport précoce fait que la fumure est exposée dans le champ pendant longtemps avant son enfouissement. Elle est de ce fait soumise aux intempéries, avec tout ce que cela comporte comme perte en nutriments. L'essentiel du transport est cependant effectué du mois de Mars au mois de Mai, avec un maximum de réalisation au cours de ce dernier mois (58 % des unités de production).

Cette activité entre très peu en concurrence avec d'autres, selon les paysans enquêtés. Toutefois, elle requiert beaucoup de temps et de main d'oeuvre. Tous les membres actifs de l'exploitation y participent. En plus de la main d'oeuvre familiale, certaines exploitations bénéficient d'appui extérieurs. C'est le cas, lorsqu'elles font partie d'un groupe d'entraide dans l'exécution des travaux exigeant beaucoup de main d'oeuvre, comme c'est le cas du transport de la fumure organique. Cette forme de coopération porte aussi bien sur la main d'oeuvre que les équipements de transport. Les types de fumure concernés sont surtout la fumure bovine et les ordures ménagères, car ce sont ces deux type qui constituent les sources les plus importantes de fumure organique dans cette zone. Ainsi, 18 % à 22 % environ des exploitations font appel aux associations de travail pour ces activités. La contribution de cette main d'oeuvre n'est pas rémunérée en espèce. Des dépenses sont cependant faites en vue d'offrir aux travailleurs, un repas différent de l'ordinaire. Elles vont de l'achat de poisson fumé et d'ingrédients, à l'abattage de petits ruminants pour la préparation des mets.

Au cours du transport, c'est surtout le chargement des charrettes qui mobilisent le plus de main d'oeuvre, la conduite et le déchargement étant assurée par une ou deux personnes, le plus souvent, des enfants.

Bien que la participation des femmes à cette activité ne soit pas négligeable, celle des hommes est nettement plus élevée (plus de 50 %). Le remplissage des récipients utilisés pour le chargement des charrettes leur incombe. Ce travail est effectué à l'aide de pelles ou de dabas. Les femmes et une partie des hommes ont la charge de déverser le contenu dans la charrette. Comme récipients, on se sert le plus souvent des seaux et tasses qui sont hors d'usage pour les autres travaux domestiques. Pour les deux types de fumure les plus utilisés, il a été noté au cours des enquêtes, un temps de travail moyen de 18 hommes/jour et de 23 hommes/jour respectivement pour la fumure bovine et les ordures ménagères. L'écart-type de la première valeur est de 25 et celui de la seconde est de 30. Ces chiffres traduisent une grande variabilité dans ces activités selon les exploitations. Il est cependant à préciser que la participation des associations de travail peut augmenter les quantités de main d'oeuvre au-delà des besoins requis.

Outre la main d'oeuvre, le transport de la fumure organique nécessite des moyens de transport. Les moyens mobilisés à cette fin sont le plus souvent les charrettes et le tracteur dans les exploitations qui en possèdent (moins de 1 % de l'échantillon enquêté). La charrette asine est d'utilisation plus courante compte-tenu de son importance numérique par rapport aux autres. Dans les exploitations où il n'y a aucun de ces équipements, le transport est généralement effectué par emprunt chez ceux qui en ont, à titre gratuit ou selon certaines modalités. Cet emprunt est à courte durée et se conclut à l'époque qui convient le mieux au propriétaire de la charrette. La location à proprement parler est très rare voire inexistante. D'autre part, il n'a pas été notifié d'autres formes de transport de la fumure tels l'usage de bicyclette, ou le transport par tête.

En dehors de l'activité de transport pour laquelle, le coût d'opportunité de la main d'oeuvre employée peut être élevée, la plupart des paysans ont affirmé qu'aucun investissement monétaire n'était effectué de façon spécifique dans le cadre de la production de fumure organique. Celle-ci est directement recueillie dans les parcs et les dépôts d'ordures et acheminée sur les champs. Aucune mesure n'est entreprise en vue d'améliorer la qualité tels que l'utilisation de Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) ou la conservation dans les fosses fumières.

#### **5.3.4. Quantification des différents types de fumure utilisée**

En considérant la production moyenne de matière fécale par jour d'une unité de bétail tropical (UBT), le nombre d'UBT et le temps de séjour au parc, on peut estimer la quantité moyenne de fumier produite par an au niveau d'une exploitation pratiquant un élevage semi-intensif. Pour cette estimation, les chiffres de 2.5 kg de matière fécale par ubt/jour (Landais et al, 1990) et 17 heures comme temps de séjour aux étables, ont été retenus. Les calculs effectués indiquent que selon le nombre actuel de cheptel au niveau de chacune des exploitations enquêtées, le potentiel moyen en production de fumier dans l'échantillon enquêté atteint 7 tonnes par an. Ce qui est assez considérable comme source de nutriments et de matière organique. Cette réalisation exigerait cependant une quantité importante d'aliments pour couvrir les besoins des animaux. D'où une plus grande mobilisation de main d'oeuvre pour le transport des pailles, une plus grande attention aux cultures fourragères dans le système de culture et un investissement important pour l'acquisition de suppléments. Le coût de cette semi stabulation en matière d'entretien du troupeau s'avèrerait cependant prohibitif s'il n'existe pas d'opportunités de valorisation des produits

animaux (lait et viande) qui seront générés par cette pratique, en plus du fumier.

Dans la réalité quotidienne des paysans de la zone de Koutiala, les animaux et principalement les bovins sont mis en stabulation chaque soir, lorsqu'ils ne sont pas en transhumance, ce qui est d'ailleurs peu fréquent. La durée de stabulation varie de 12 à 14 heures. De part cette pratique, les animaux dépendent essentiellement des parcours naturels pour leur alimentation. En plus de cela, une certaine quantité de sons est distribuée aux animaux le matin et certains reçoivent une supplémentation composée de paille de maïs et d'aliments bétail pendant les périodes critiques de l'année. Dans les exploitations où il y a un nombre important de têtes, la conduite du troupeau au pâturage est assuré par un berger spécialement recruté pour cette tâche. Les quantités de fumure indiquées dans le tableau 5.32 ci-dessous reflètent la réalité de ce système. Il s'agit de différents types de fumure qui sont stockées en pur, c'est-à-dire sans être mélangées les uns aux autres. Elles peuvent donc être sous-estimées pour certains types de fumier. C'est notamment le cas des petits ruminants dont les déjections entrent quelquefois dans la composition des ordures ménagères. Les quantités indiquées sont exprimées en charretées.

*Tableau 5.32. Quantités moyenne transportée par type de fumure organique utilisés (en charretée)*

Fumures	Moy	Ecart-type	Min	Perc 50	Max	Nb obs
Fum bov	23	26	0	15	130	267
fum ovin	1	3	0	0	34	260
fum caprin	0.5	2	0	0	16	262
compost	6	25	0	0	199	262
ordures	37	48	0	23	350	266
Total	66	66	0	46	465	249

Ce tableau indique que le fumier bovin et les ordures ménagères constituent les types de fumure organique les plus utilisés par les exploitations de la zone. Ils représentent en moyenne, respectivement 35 % et 56 % de la fumure organique utilisée. En outre, leur usage est le plus répandu. L'analyse de fréquence indique que le fumier bovin est employé dans 82 % des unités de production et les ordures ménagères, dans 88 %. L'analyse des quantités transportées par rapport aux disponibilités en cheptel, en équipement, en main d'oeuvre, et à la distance des champs, indique ce qui suit :

Pour la fumure organique bovine, il y a une corrélation entre les quantités transportées et la taille du cheptel de l'exploitation. Le coefficient de corrélation est de 37 %, le coefficient de détermination est de 14 %. Cette analyse ne fait ressortir ni l'importance de la main d'oeuvre ni celui de l'équipement dans cette activité. D'autre part, on note qu'il y a une relation entre les quantités transportées et le revenu brut par habitant calculé à partir de la production cotonnière qui constitue la principale source de revenu. Le coefficient de corrélation est de 33 % et le coefficient de détermination est de 11 %.

Pour ce qui concerne les ordures ménagères, il y a une relation entre les quantités transportées et la distance ainsi que la présence de main d'oeuvre salariée au sein de l'exploitation. Le coefficient de corrélation multiple est de 30 %. Toutefois, le faible niveau du coefficient de détermination (9 %) indique que la différence entre exploitations est faiblement expliquée par ces deux facteurs. De même, il y a une relation entre les quantités transportées et le niveau de revenu de l'exploitation déterminé comme précédemment. Le coefficient de corrélation est de 33 % et le coefficient de détermination est de 10 %. donc, le niveau de revenu explique ici également une faible proportion de la variance entre les exploitations.

D'autre part, l'analyse révèle un lien entre le niveau de la production totale en grain de l'exploitation et la quantité d'ordures ménagères transportée. Le coefficient de corrélation entre ces facteurs est de 41 % et le coefficient de détermination est de 17 %. Par contre aucun lien n'a été révélé entre cette variable et la quantité de fumure bovine transportée.

Par ailleurs, on note que la quantité de fumure organique, toute catégorie confondue varie fortement d'une exploitation à une autre. La plus forte variation est constatée dans le cas du compost. Cela se justifie par le fait que l'utilisation de cette fumure est marginale (13 % des exploitations enquêtées) alors que les statistiques ont été calculées sur la base de l'ensemble des éléments de l'échantillon ayant donné une réponse.

Par rapport à l'utilisation, on note que la quantité moyenne disponible par ha est de 1300 kg et le maximum disponible est de 5 tonnes. Toutefois, dans la moitié des cas, cette quantité est au plus de 1000 kg, ce qui ne permet de couvrir les besoins, si l'on se réfère aux normes avancées par certains auteurs. De plus, il a été une variation de la quantité produite et utilisée par exploitation. Nous avons émis l'hypothèse que celle-ci dépend de la disponibilité en main d'oeuvre, en équipement, en cheptel, la présence de parc, et la distance. Parmi les facteurs sus cités, les facteurs corrélés avec la quantité utilisée sont, la présence de parc et la distance. On note que plus il y a un parc au niveau d'une exploitation, plus la quantité apportée par unité de surface est importante. Le signe de la relation avec la distance suggère que plus le champ de coton est proche du parc, plus la quantité reçue par ha est grande. L'intensité de la relation entre ces facteurs (indépendant et dépendants) est de 25 % et le coefficient de détermination est de 0.6 %. Ceci démontre que la culture du coton stimule l'emploi de la fumure, mais elle n'explique tout de la variation constatée.

La seconde hypothèse est relative à la structure de l'exploitation. Le test montre que plus la superficie occupée par le coton est importante dans le système, plus l'apport de fumier l'est aussi. Le coefficient de corrélation entre la variable superficie de coton/superficie totale et la quantité de fumier par ha est de 21 % et le coefficient de détermination est de 0.4 %.

Enfin, les analyses révèlent qu'on peut également postuler à une hypothèse de linéarité entre l'utilisation d'engrais et celle de fumier par hectare. Cette relation est positive et son intensité, c'est-à-dire le coefficient de corrélation est de 31 %. Toutefois, le coefficient de détermination est faible et s'élève à 0.9 %.

Comme on le constate, les coefficients de détermination sont très faibles pour toutes les relations révélées dans l'analyse. Cela suppose que l'explication requiert beaucoup plus d'autres facteurs que ceux pris en considération dans ces analyses.

En ce qui concerne la gestion de la fumure organique, il ressort des enquêtes que les pertes en quantité physique au cours du transport sont très marginales. Cela pour la simple raison que la charrette est rarement remplie. Le problème se pose plutôt en terme quantitatif et qualitatif. La majorité des paysans affirment ne transporter au champ que de la fumure bien décomposée. Toutefois, les observations révèlent qu'il y a également des cas où des produits comme les déchets de battage soient directement épandus sans une décomposition préalable.

Le fumier transporté est déposé en tas peu distants les uns des autres de façon à couvrir tout le champ. La stratégie d'épandage consiste à mettre le maximum de fumure sur les parties les plus pauvres du champ et présentant ces caractéristiques de façon perceptible. L'épandage est effectué au rythme des labours, ceci permettant d'enfouir directement la fumure. Un épandage non suivi d'enfouissement comporte le risque d'entraîner le drainage des quantités épandues par les eaux de pluies hors du champ.

## **5.4. Flux physique des nutriments**

### **5.4.1. Description du système**

Les diverses productions réalisées au champ induisent un flux de nutriments, dont l'importance varie, selon que l'on utilise peu ou pas d'engrais et de fumier au cours du processus de production et selon la destination finale des produits.

En d'autres termes, il se passe un mouvement de nutriments aussi bien en direction, qu'en dehors du champ. Les cultures prélèvent du sol l'eau et les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. Au terme de celle-ci, une production principale (grains) et secondaire (pailles) est réalisée. Cette ponction constitue une exportation d'éléments nutritifs du sol dont la quantité dépend du volume de la production et de la teneur en nutriments des différentes cultures. En fonction de la destination finale des grains et des pailles, une fraction de ces nutriments peut retourner au champ ou être perdue pour le système. C'est ainsi qu'en relation avec les formes d'utilisation des résidus de récolte, nous avons tenté de déterminer les exportations d'azote et de phosphore du champ. De même, les importations qui constituent des apports d'éléments nutritifs, ont été grossièrement évaluées, afin d'établir un bilan des éléments nutritifs. Deux types de bilan peuvent être distingués, à savoir, un bilan au champ et un bilan à la ferme, c'est-à-dire, là où les animaux résident. Le bilan au champ concerne les sorties d'éléments nutritifs, suite aux activités de culture. Les quantités de nutriments contenues dans les grains sont considérées comme étant perdues pour le système, car elle ne retournent presque plus au champ. Par contre, le devenir de ceux que renferment les pailles dépend de la destination finale de celles-ci. En effet, si les pailles sont brûlées, enfouies ou même broutées au champ, une partie des éléments nutritifs extraits auparavant y retournent. Ainsi, par la pâture, les animaux participent à un transfert d'éléments nutritifs de leur lieu de pâture (champ et pâturage) à leur lieu de parage, c'est à-dire dans les enclos ou les aires de stabulation. Mais,

une partie des éléments nutritifs contenus dans les pailles broutées restent au champ à travers les fèces déposés. Dans le cas de l'azote, une fraction de l'azote contenu dans les fèces se perd par volatilisation. La quantité d'élément nutritif recyclée au champ de cette façon, dépend du temps pendant lequel les animaux y séjournent.

Quant aux entrées d'éléments nutritifs dans le champ, elles se font à travers les apports d'engrais, de fumier, et éventuellement, la fixation atmosphérique dans le cas de l'azote.

La comparaison des entrées et des sorties d'éléments nutritifs détermine le flux net. Ce flux est positif lorsque les entrées sont supérieures aux sorties, et négatif dans le cas contraire.

Le bilan à la ferme est le résultat du flux d'éléments nutritifs entre le champ et la ferme et vis versa. Il est donc constitué d'un côté par les transferts de nutriments du champ à l'exploitation et de l'autre, par les quantités de nutriments qui vont de l'exploitation, c'est-à-dire de l'enclos à bétail, au champ. Les nutriments transférés des champs à l'enclos le sont par le biais des pailles transportées à l'enclos comme fourrage ou litière, des quantités de nutriments contenus dans les fèces et ayant pour origine les champs. A cela, il faut déduire les pertes par volatilisation dans le cas de l'azote. Pour ce qui concerne les transferts de nutriments de l'exploitation au champ, ils se font sous forme de fumier.

Ce [schéma](#) décrit les flux de nutriments au champ.

Dans ce qui suit, une description succincte de la méthodologie de calcul du bilan au champ est faite. Les coefficients utilisés dans les calculs ainsi que les différentes composantes du bilan sont décrits. Pour de plus amples informations, se référer à l'[annexe](#) du document.

#### **5.4.2. Méthodologie de calcul du bilan**

Les coefficients utilisés dans le calcul du bilan des éléments nutritifs, sont :

- Le temps de séjour des animaux au champ est pris en compte dans le calcul des quantités de nutriments recyclées au champ et transférées par les animaux aux étables. Ce coefficient donne donc une indication sur la répartition des nutriments entre le champ et les étables par l'intermédiaire des animaux. Il est estimé à 10 heures par jour.
- La fraction d'azote volatilisée à partir des excréments est estimée à 0.5.
- La fraction de paille disponible pour les animaux de l'exploitation est estimée à 0.70. Dans le système de pâture libre qui prévaut dans la zone, cette fraction indique les quantités de pailles dont peut effectivement disposer les animaux appartenant à l'exploitation dans laquelle elles ont été produites. La fraction restante est répartie entre l'exploitation productrice et les autres exploitations du village. La quantité dont peut bénéficier chaque exploitation, est fonction de la taille de son cheptel. Ce coefficient est utilisé pour déterminer la quantité d'éléments nutritifs prélevée du champ pour les étables par l'intermédiaire des animaux de l'exploitation.
- La fraction de paille disponible pour les autres animaux se déduit de celle dont bénéficient les propres animaux de l'exploitation. Elle équivaut donc à 0.15.

- La fraction d'engrais perdue détermine le coefficient d'utilisation par les plantes, c'est-à-dire la fraction effectivement disponible pour leur alimentation. Le niveau et les causes des pertes varient selon les différents types d'éléments nutritifs. Ainsi, pour l'azote, les pertes sont principalement causées par la dénitrification, la volatilisation et la lixiviation, alors que pour le phosphore, elles sont surtout causées par immobilisation et pour le potassium, par lessivage. La fraction d'engrais perdue a été estimée à 0.4 pour l'azote et le potassium et à 0.5 pour le phosphore (Quak, communication personnelle).
- La capacité de fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses est estimée à 0.75.
- Le taux en azote, phosphore et potassium dans le fumier varie selon les sources. Dans le calcul du bilan, la teneur en azote du fumier est estimée à 10 g/kg (Quak, communication personnelle). Les teneurs en phosphore et en potassium sont celles indiquées par Landais et al (1990). Ces teneurs sont respectivement de 0.87 g/kg et 5.81 g/kg, respectivement pour le phosphore et le potassium.
- Le coefficient d'efficacité des éléments nutritifs d'origine organique indique la fraction qui peut être effectivement utilisée par les plantes, comparativement à ceux des engrais. Ce coefficient est de 0.6, 1.2 et 1, respectivement pour l'azote, le phosphore et le potassium. Ce coefficient permet aussi de donner une valeur aux éléments nutritifs d'origine organique, sachant leur efficacité par rapport à ceux des engrais.
- Le poids d'une charrétée de fumier est estimée à 300 kg.

Après la définition des coefficients, suit celle des différentes composantes des exportations et des importations d'éléments nutritifs.

### 5.4.3. Exportations

Les exportations d'éléments nutritifs du champ sont essentiellement dues aux prélèvements par les grains et les pailles. Le volume des exportations est déterminé par celui des productions en grains et pailles, ainsi que leurs teneurs en éléments nutritifs. Il est admis ici que les exportations effectuées par les grains sont des pertes nettes. Par contre, dans le cas des pailles, c'est la destination finale qui détermine s'il y a perte ou non, ainsi que l'importance de celle-ci. Ainsi, pour la culture de l'arachide, les quantités d'azote exportées peuvent être déterminées de la façon suivante :

#### *Variables*

- . N\_bru\_ara : quantité d'élément nutritif contenue dans la paille brûlée
- . N\_enf\_ara : quantité d'élément nutritif contenue dans la paille enfouie. Il ne s'agit pas en fait d'une perte nette car les nutriments prélevés sont restitués avec l'enfouissement des pailles
- . N\_lit\_ara : quantité de nutriment que renferme la paille utilisée comme litière
- . N\_fcv\_ara : quantité de nutriment volatilisée (cas de l'azote) au champ
- . N\_fcr\_ara : quantité d'élément recyclée au champ par le biais des fèces qui y sont déposés
- . N\_flm\_ara : quantité de nutriments transférée des champs appartenant à l'exploitation vers les étables. Elle provient des nutriments prélevés au champ lors de la pâture des animaux de l'exploitation et déposés aux étables par le biais des fèces.
- . N\_fau\_ara : quantité de nutriments transférée à d'autres exploitations, suite aux quantités de pailles

broutées par les animaux de celles-ci

.  $N_{fof\_ara}$  : quantité de nutriments que renferment les pailles transportées aux étables comme fourrage

.  $N_{ppr\_ara}$  : quantité de nutriments exportée par les grains.

Les relations suivantes permettent de calculer ces variables :

$N_{bru\_ara} = N_{ppa\_ara} * bru\_ara$  où,

$N_{ppa\_ara}$  est la quantité d'azote contenue dans les fanes. Elle est calculée à partir de la production totale en fanes et de leur teneur en azote.

$N_{ppa\_ara} = ppa\_ara * (tN_{ara}) / 1000$

$bru\_ara$  est la proportion de fanes brûlée.

$N_{enf\_ara} = N_{ppa\_ara} * enf\_ara$  où,

$enf\_ara$  est la fraction de fanes enfouie au champ

$N_{lit\_ara} = N_{ppa\_ara} * lit\_ara$  où,

$lit\_ara$  est la proportion de fanes utilisée comme litière

$N_{fcv\_ara} = N_{ppa\_ara} * foc\_ara * f_{vol\_exc} * tc / 24$  où,

$foc\_ara$  est la proportion de fanes broutée au champ

$f_{vol\_exc}$  est la fraction d'azote volatilisée à partir des excréments

$tc$  est le temps de séjour des animaux au champ en 24 heures

$f_{vol\_exc}$  et  $tc$  sont des coefficients déjà définis plus haut

$N_{fcr\_ara} = N_{ppa\_ara} * foc\_ara * (1 - f_{vol\_exc}) * tc / 24$

$N_{flm\_ara} = N_{ppa\_ara} * foc\_ara * (24 - tc) / 24 * f_{blm}$  où,

$f_{blm}$  est la fraction de fane broutée par les animaux de l'exploitation. Ce coefficient a également été défini dans la partie se rapportant aux coefficients.

$N_{fau\_ara} = N_{ppa\_ara} * foc * (1 - f_{blm}) * (24 - tc) / 24$

$N_{fof\_ara} = N_{ppa\_ara} * fof\_ara$  où,

$fof\_ara$  est fraction de paille broutée à l'enclos

$N_{ppr\_ara} = ppr\_ara * (tN_{ara}) / 1000$  où,

$ppr\_ara$  est la production totale en arachide coque

$tN_{ara}$  est la teneur en azote de l'arachide coque, exprimée en g/kg

Cette méthode permet de calculer les exportations d'azote par les autres cultures. La démarche ainsi adoptée permet également de calculer les quantités de phosphore et de potassium exportées.

#### 5.4.4. Importations

Elles se composent des variables ci-après :

$N_{eng\_ara}$  : quantité de nutriments apportés par les engrais et le fumier, moins les pertes

$N_{fix}$  : l'azote atmosphérique fixé par les plantes présentant cette caractéristique

$N_{enf\_ara}$  : quantité d'éléments nutritifs contenue dans la paille enfouie

$N_{fcr\_ara}$  : quantité d'éléments recyclée au champ

$N_{fum\_ara}$  : quantité d'éléments apportée par le fumier

$N_{fix\_ara}$  : quantité d'éléments obtenue par fixation symbiotique.

Ces variables peuvent être calculées à l'aide des formules ci-après :

$N_{eng\_ara} = cco\_ara * (N_{cco}) * (1 - f_{en\_p}) + cce\_ara * (N_{cce}) * (1 - f_{en\_p}) + ure\_ara * (N_{ure}) * (1 - f_{en\_p})$ , où,  
 $cco\_ara$ ,  $cce\_ara$  et  $ure\_ara$  sont les quantités d'engrais complexes et d'urée appliquées sur la culture de l'arachide  
 $N_{cco}$ ,  $N_{cce}$  et  $N_{ure}$  sont les teneurs de ces engrais en azote  
 $f_{en\_p}$  est la fraction d'engrais perdue. Ce coefficient est défini dans la partie consacrée aux coefficients utilisés dans les calculs

$N_{fum\_ara} = fum\_ara * q_{fum\_ch} * coef\_fum\_N * (1 - f_{en\_p}) * tN_{fum} / 1000$ , où,

$fum\_ara$  est le poids d'une charréttée de fumier

$q_{fum\_ch}$  est le nombre de charréttée apportée sur le champ

$tN_{fum}$  est la teneur du fumier en azote.

$coef\_fum\_N$  est le coefficient de l'azote du fumier

$N_{enf\_ara} = N_{enf\_ara} * coef\_fum\_N * (1 - f_{en\_p})$

$N_{fcr} = N_{fcr} * coef\_fum\_N * (1 - f_{en\_p})$

$N_{fix\_ara} = (N_{ppr\_ara} + N_{ppa\_ara}) * f_{fix} * coef\_fum\_N * (1 - f_{en\_p})$ .

Les teneurs en éléments nutritifs des engrais, du fumier et des résidus de récoltes qui ont servi de base aux calculs sont indiquées en [annexe](#).

Les coefficients ainsi définis et la méthodologie élaborée permettent d'établir le bilan des éléments nutritifs au champ, ainsi qu'aux étables.

Dans ce qui suit, les bilans physiques au champ, de l'azote et du phosphore, ainsi que les coûts monétaires liés à ces flux, seront présentés. Ces bilans correspondent à la différence entre la somme des importations d'éléments nutritifs effectuées en faveur des cultures, et celle des exportations dues elles. De même, il sera examiné les liens qui existent entre le bilan au champ et certaines caractéristiques des exploitations, notamment la taille du cheptel, la disponibilité en main d'oeuvre et en équipement, ainsi que le revenu brut du coton. Pour ce faire, des analyses de corrélation et de régression ont été faites.

#### 5.4.5. Résultats

Flux physique et monétaire de l'azote au champ.

Les résultats des calculs de flux d'azote et de phosphore sont consignés dans les tableaux ci-après.

*Tableau 5.33. Flux physique de l'azote au champ (en kg/ha).*

	moyenne	écart-type	minimum	médiane	maximum
Importations	14.33	5.14	1.20	14.00	30.11
Exportations	52.29	13.36	22.71	51.42	104.23
Flux net	-37.97	11.94	-84.41	-36.90	-7.29

Ces résultats montrent que les exportations d'azote du champ constituent environ le quadruple des importations. Il s'en suit un déficit d'environ 38 kg/ha. L'écart type de ce bilan est égale à 12, ce qui implique que le déficit varie considérablement entre les exploitations.

*Tableau 5.34. Flux physique du phosphore au champ (kg/ha).*

	moyenne	écart-type	minimum	médiane	maximum
Importations	2.71	1.11	0.2	2.61	6
Exportations	6.85	2.06	2.61	6.61	14.71
Flux net	-4.09	1.7	-10	-3.91	2

Ce tableau indique que le bilan du phosphore est également déficitaire, avec une forte variation entre les exploitations.

On note le déficit en azote est plus important que celui du phosphore. Cela s'explique aussi bien par le fait que les prélèvements d'azote par les plantes sont plus importants que ceux du phosphore, que par la teneur du sol en ces éléments.

Van der Pol (1992), signale dans son étude sur le bilan des éléments nutritifs, qu'en zone Mali-Sud, le bilan du phosphore est équilibré, tandis que celui de l'azote est déficitaire. Ce déficit s'élève en moyenne de 25 kg/ha.

Compte-tenu de l'importance du déficit de l'azote, et de sa variation entre les exploitations, des analyses ont été faites afin d'identifier les facteurs susceptibles d'expliquer cela. Les analyses de corrélation révèlent que les facteurs corrélés avec le bilan de l'azote, sont entre autres :

- Les variables 'ressource', parmi lesquelles, seul l'équipement a un lien avec le bilan de l'azote ( $P=0.003$ ), mais l'intensité de cette relation est très faible ( $R=0.17$ ). Il peut paraître irréaliste que le facteur cheptel en tant que source importante d'apport de fertilisants à travers le fumier qu'il procure, ne soit pas corrélé avec le bilan de l'azote. La justification la plus plausible serait que l'importance numérique du cheptel peut amener certaines exploitations à déplacer une bonne partie du troupeau en

raison des problèmes d'alimentation qui se posent de façon crucial à certains moments de l'année. Il s'en suit que ces exploitations ne profitent pas de tout le potentiel de fumier que leurs animaux auraient pu leur fournir, s'ils étaient constamment sur place, dans la zone de culture de l'exploitation.

- Les variables 'revenu' de l'exploitation. Comme évoqué plus haut, il s'agit du revenu brut calculé uniquement sur la base de la production cotonnière. L'analyse a révélé que le revenu brut à l'hectare est également corrélé avec le bilan de l'azote ( $P=.000$ ). L'intensité de ce lien est également faible ( $R=0.60$ ).

Le bilan ainsi obtenu peut être traduit en terme monétaire en considérant que le prix du kg d'azote est de 392 F. Ceci permet d'indiquer que le montant prélevé par unité de surface (ha) au dépend de la fertilité naturelle du sol est d'environ 15000 F CFA/ha. En effet, la quantité d'éléments nutritifs exportée correspond à une dépense d'environ 20500 F/ha, alors que les dépenses d'importations se chiffrent en moyenne à 5600 F/ha, y compris la fixation d'azote atmosphérique qui ne constitue d'ailleurs pas un investissement en tant que tel pour l'exploitation.

D'autre part, l'analyse des résultats par village aboutit à un constat de déficit généralisé du bilan de l'azote. Ce déficit est plus ou moins important selon les villages.

L'analyse de variance montre que par rapport au bilan de l'azote, ces villages peuvent être repartis en trois groupes distincts. Un groupe que l'on peut nommer groupe 1, composé des villages n° 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12 et 13, un second correspondant au village 8 et enfin un dernier groupe qui correspond au village 7. Le déficit azoté décroît du premier au troisième groupe. Il y a lieu cependant d'ajouter que selon cette analyse, le facteur village n'explique que 22 % de la variation entre exploitations. En écartant, l'effet des facteurs utilisation des engrais et de fumier, l'analyse de variance entre villages, indique que le déficit en azote est plus élevé là où le brûlage est important. Le facteur village explique 45 % de la variation entre exploitation en ce qui concerne le brûlage.

L'analyse des résultats du bilan de l'azote par culture révèle que parmi les principales cultures, du point de vue de la superficie emblavée, la culture la plus consommatrice est celle du coton. En effet, le déficit par unité de surface lié à cette culture est environ quatre fois supérieur à celui du maïs et deux fois plus élevé que celui des mil/sorgho. Cela s'explique d'abord par la faiblesse des apports d'azote par rapport aux prélèvement des plantes. Cette situation est aggravée par l'importance des pertes consécutives au brûlage qui est le mode de gestion le courant des pailles de coton.

Les résultats de cette analyse sont consignés dans le tableau 5.35.

*Tableau 5.35. Bilan de l'azote par culture (kg/ha).*

	moyenne	écart-type	médiane
coton	-62.76	34.96	-61.16
maïs	-15.46	21.54	-18

mil	-30.79	9.04	-33.75
sorgho	-29.55	11.74	-27.00

D'autre part, on observe que les pertes en azote sont assez voisins des gains en phosphore. En effet le déficit azoté s'élève à 63 kg environ alors que les gains en phosphore sont de 55 kg/ha en moyenne. On note également qu'à l'exception du coton, le bilan du phosphore est négatif pour les autres cultures. Cela s'explique par les apports de fumier et d'engrais plus importants sur cette culture par rapport aux autres, et par le fait que les pertes en phosphore par suite de brûlage, ne sont pas aussi élevées que celles de l'azote.

Enfin, il ressort que la variation du bilan du phosphore est forte pour chacune des cultures considérées. Cela traduit la différence entre les exploitations du point de vue des apports d'engrais et de fumier et de la gestion des résidus de récolte. Les résultats du bilan en phosphore des différentes cultures sont présentés dans le tableau 5.36.

*Tableau 5.36. Bilan phosphore par culture (kg/ha).*

	moyenne	écart-type	médiane
coton	55	128.91	33
maïs	-2.35	2.97	-4
mil	-3.87	1.16	-4.00
sorgho	-2.97	1.26	-2.67

## 5.5. Utilisation optimale des résidus de récolte

### 5.5.1. Définition des stratégies

A partir des données disponibles, nous avons tenté de déterminer l'utilisation des résidus de récolte qui permet de maximiser le revenu des paysans. Pour ce faire, 3 unités de production présentant des disponibilités différentes en ressources productives ainsi que des niveaux différents de production en pailles ont été choisies sur l'ensemble de l'échantillon.

La méthode d'analyse employée, est la programmation linéaire et le logiciel utilisé dans ce cas-ci est le 'XPRESS'.

Au delà de ces trois exploitations, l'intérêt pratique de cet outil de planification est qu'elle permet de dégager selon chaque cas correspondant à des disponibilités particulières en ressources, la ou les

stratégies qui maximisent le revenu.

Dans le cadre de cette opération, les variables de décision sont les stratégies d'utilisation des résidus. Ainsi, 27 stratégies ou activités, ont été définies, parmi lesquelles figurent celles qui sont actuellement mises en oeuvre par les paysans et évoquées plus haut. Ces stratégies sont présentées dans le tableau 5.37.

Tableau 5.37. Stratégies d'utilisation des résidus de récolte.

Activités	Cultures	Utilisations				
		brûlage	enfouissement	fouillage au champ	fouillage à la ferme	litière
1	arachide	100	0	0	0	0
2	"	0	100	0	0	0
3	"	0	0	0	0	100
4	"	0	0	0	100	0
5	"	0	0	100	0	0
6	coton	100	0	0	0	0
7	"	0	0	0	0	100
8	maïs	100	0	0	0	0
9	"	0	0	0	0	100
10	"	0	0	0	75	25
11	"	0.25	0	75	0	0
12	"	0	0	75	0	25
13	mil	100	0	0	0	0
14	"	0	0	0	0	100
15	"	0	0	0	50	50
16	"	50	0	50	0	0
17	"	0	0	50	0	50
18	niébé	100	0	0	0	0
19	"	0	100	0	0	0
20	"	0	0	0	0	100
21	"	0	0	0	100	0
22	"	0	0	100	0	0
23	sorgho	100	0	0	0	0
24	"	0	0	0	0	100

25	"	0	0	0	50	50
26	"	50	0	50	0	0
27	"	0	0	50	0	50

Ces activités sont pour les différentes cultures :

- *Fanes d'arachide* : Cinq façons d'emploi sont considérées : le brûlage, l'enfouissement, l'emploi comme litière, l'utilisation comme fourrage au champ, et enfin l'utilisation comme fourrage aux étables.

Dans chacune de ces stratégies, toute la quantité disponible est employée en une seule fraction.

- *Tiges de coton* : Elles sont soit brûlées ou employées comme litière. Dans ce cas également, toute la quantité de tiges entre dans un seul processus.

- *Pailles de maïs* : Tout comme dans le cas des fanes d'arachide, cinq stratégies d'utilisation ont été définies. Ce sont, le brûlage, l'emploi comme litière, l'utilisation comme fourrage à la ferme et la pâture au champ. Dans les deux premiers cas, C'est la totalité des pailles qui est prise en compte, tandis que les utilisations comme fourrage comportent une fraction non broutée, constituant le refus. Au cas, où les pailles sont servies aux étables, les refus servent de litière, alors que si la pâture a lieu au champ, les refus sont soit brûlés ou exportés du champ pour la litière. Ces deux dernières combinaisons complètent les stratégies d'utilisation à cinq.

- *Pailles de mil et de sorgho* : Les pailles de chacune de ces cultures peuvent recevoir 5 types d'affectations qui sont le brûlage, l'emploi comme litière, et la destination au fourrage. Les premiers types d'affectation concernent la totalité des pailles. Comme dans le cas du maïs, l'utilisation comme fourrage entraîne une certaine quantité de refus qui servent soit de litière ou sont brûlées. Nous avons donc les combinaisons fourrage aux étables et litière, fourrage au champ puis brûlage des refus, et enfin fourrage au champ puis exportation des refus pour en faire de la litière.

- *Fanes de niébé* : les types d'utilisation prévus sont le brûlage, l'enfouissement, la litière, le fourrage à la ferme et au champ. Chacune de ces formes d'utilisation prend en compte la totalité des fanes.

Les stratégies ou activités ainsi définies donnent lieu à des productions en fourrage, azote, phosphore, potassium et matière organique. Celles-ci sont déterminés à partir des rendements en fourrage, azote, phosphore, potassium, et matière organique (MO) obtenus de chaque unité de résidu, selon la forme d'utilisation qu'il subi. Ces rendements sont calculés en multipliant la teneur du résidu en chacun des éléments nutritifs par la quantité restant après les pertes. Les pertes considérées dans les calculs sont celles indiquées par Quak (communication personnelle) et présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 5.38. Gains et Pertes d'éléments nutritifs selon les formes d'emploi des résidus de récolte (en proportion) et coefficients d'efficacité.

	Pertes			Utilisations			
	N	P	K	N	P	K	MO
brûlage	1	0.1	0.1	0	1.08	0.9	0

enfouissement	0	0.5	0.35	0.6	0.6	0.65	0.5
litière	-0.2	0.5	0.35	0.72	0.6	0.65	0.5
fouillage au champ	0.6	0.5	0.35	0.27	0.6	0.65	0.5
fouillage à la ferme	0.55	0.5	0.35	0.24	0.6	0.65	0.5

Ce tableau indique les pertes en éléments nutritifs en fonction des différentes formes d'utilisation des résidus de récolte. Comme on le constate, l'emploi de la paille comme litière conduit à un gain d'azote. Cela découle du fait qu'en plus de l'azote contenue dans la paille et qui n'est perdue selon cette forme d'utilisation, il y a aussi une rétention de l'azote provenant des urines et des fèces. En l'absence de litière, cet azote se serait volatilisé. D'autre part, la comparaison des différentes formes d'utilisation révèle que par rapport à l'azote, cette pratique est la meilleure. Elle est suivie de l'enfouissement avec lequel le niveau de perte est nul. L'emploi des pailles comme fouillage au champ ou à la ferme sont les pratiques qui occasionnent le plus de perte en éléments nutritifs pour le champ.

Pour permettre de valoriser les éléments nutritifs obtenus à travers les différentes activités, on convertit ces éléments qui sont de source organique en éléments de source minérale, notamment en engrais dont on connaît le prix. Pour cela, on applique un coefficient aux rendements en N, P, K. Celui-ci est appelé coefficient d'efficacité de N, P, K organique. Il est égale à 0.6 pour l'azote, 1.2 pour le phosphore et 1 pour le potassium (Quak, communication personnelle). Ces chiffres signifient qu'une unité de N, P et K de source organique vaut 0.6 unité de N, 1.2 unité de P et 1 unité de K de l'engrais.

Le chiffre de 1.2 dans le cas du phosphore de source organique traduit une plus grande efficacité de ce type par rapport à celui de l'engrais. Il s'en suit donc que le prix d'un kg des éléments de source organique n'est pas équivalent à celui des nutriments de source minérale. Cela est pris en compte dans le calcul des rendements en N, P, K qui s'effectuent en multipliant les teneurs en nutriments par la fraction d'azote non perdue et le coefficient d'efficacité.

En guise d'exemple, les rendements en N, P, K en cas d'enfouissement des fanes d'arachide se calculent de la façon suivante :

$\text{Prix\_N\_fum} = 392 * tN\_fum * \text{coefficient d'efficacité de N}$

$\text{Prix\_P\_fum} = 838 * tP\_fum * \text{coefficient d'efficacité de P}$

$\text{Prix\_K\_fum} = 392 * tK\_fum * \text{coefficient d'efficacité de K}$

où, Prix\_N\_fum, Prix\_P\_fum et Prix\_K\_fum, sont les prix de l'azote, du phosphore et du potassium.

tN\_fum, tP\_fum et tK\_fum sont les teneurs en azote, phosphore et potassium en kg/kg.

Les prix ainsi indiqués sont ceux utilisés dans le modèle de programmation linéaire à buts multiples de l'Equipe Modélisation des Systèmes du projet PSS.

En outre, les coûts encourus sont constitués par les frais de rémunération de la main d'oeuvre utilisée pour le transport des pailles au parc. Le montant de cette rémunération est de 600 f/homme-jour.

## 5.5.2. Restrictions

Les restrictions contenues dans le modèle sont les suivantes :

- la somme des quantités de résidus nécessaires à la réalisation des différentes activités ne doit pas dépasser la disponibilité totale en résidu ;
- le besoin total en main d'oeuvre ne doit pas être supérieure à la disponibilité totale en main d'oeuvre. Il est estimé ici qu'un actif est disponible pendant 120 jours au cours de la saison sèche.
- la quantité de fourrage pouvant être consommée ne doit pas être supérieure aux besoins des animaux. Ce besoin est en relation avec le nombre d'animaux dont dispose l'unité de production.
- la quantité de litière à utiliser doit se situer dans la fourchette de ce qui peut être broyé par les animaux. Cette quantité est de 5 kg par nuit (Landais et al, 1990), soit au total 1825 kg/an.

Pour plus de détail, se référer au corps du modèle présenté à l'[annexe](#) du document.

D'autre part, il est supposé dans le modèle que les pailles sont consommées uniquement par les animaux appartenant à l'exploitation.

## 5.5.3. Applications

Le modèle de programmation linéaire élaborée sur la base de ces considérations a été appliqué sur trois exploitations présentant des caractéristiques différentes. Les résultats sont donnés par exploitation.

*Exploitation 1* : Elle présente les caractéristiques ci-après :

- 27 actifs
- 134 têtes dont 84 bovins, 15 ovins, 25 veaux et 10 caprins
- 2 charrettes
- la superficie totale disponible au niveau de cette exploitation est de 37.25 ha
- tous les champs sont dans un rayon de 100 m de la concession
- les productions en pailles sont estimés à 1500 kg, 46000 kg, 7740 kg, 35456 kg et 36564 kg, respectivement pour l'arachide, le coton, le maïs, le mil, et le sorgho.

### *Résultats du modèle*

Le modèle indique qu'une telle exploitation peut maximiser son revenu par les activités ci-après :

- transporter la totalité des fanes d'arachide du champ en vue d'une distribution aux étables.
- transporter la totalité des tiges de coton pour en faire de la litière.
- transporter les pailles de maïs pour la distribution aux étables
- transporter les pailles de mil et sorgho du champ pour les étables où elles serviront principalement comme fourrage, et secondairement comme litière, par le biais des refus.

Ces activités permettent de générer un potentiel de N,P,k, MO, fourrage en arachide, maïs, en mil, en sorgho de :

- 550 kg d'azote ;

- 58 kg de phosphore
- 1105 kg de potassium
- 57267 kg de fumure organique
- 1500 kg de fanes d'arachide
- 5805 kg de pailles de maïs
- 17728 kg de pailles de mil
- 18282 kg de pailles de sorgho.

La valorisation de ces produits aux prix indiqués plus haut correspond à un revenu potentiel net de 1.157.061 F à l'exploitation considérée.

D'autre part, le modèle indique que la quantité de résidus disponible est entièrement utilisée dans les différentes activités proposées par le modèle. Ces ressources sont donc restrictives. Sinon, dans les conditions de la solution optimale, une augmentation supplémentaire d'une unité de fanes d'arachide engendrerait un accroissement marginal du revenu de 40 F, cet accroissement étant respectivement de 7 F, 11 F, 9 F, et 7 F dans les cas du coton, maïs, mil, et sorgho. Il en est autrement de la main d'oeuvre car, les besoins requis pour effectuer ces différentes activités s'élèvent à 66 hommes-jour et les résultats indiquent que cela ne soulève aucune contrainte au regard des disponibilités au niveau de l'exploitation.

Les utilisations actuelles des résidus de récolte dans cette exploitation sont présentées dans le tableau ci-après :

*Tableau 5.39. Utilisation des résidus de récolte (en %) au sein de l'UP n°1.*

	arachide	coton	maïs	mil	niébé	sorgho
brûlage		100				
enfouissement			5	50		
fouillage au champ			20	50		50
fouillage à la ferme	100		60			
litière			15			50

La comparaison des résultats du modèle avec la pratique paysanne révèle qu'à l'exception des fanes d'arachide, les pailles des autres cultures ne sont pas utilisées comme indiqué par le modèle d'optimisation. Cette différence autorise à dire que le bilan en azoté et en phosphore préalablement réalisé s'en trouverait amélioré grâce aux nouveaux apports d'éléments nutritifs favorisés par la meilleure utilisation des résidus de récolte comme par exemple l'utilisation de la totalité des pailles de coton comme litière, contrairement à la pratique paysanne.

Les pratiques qui sont effectuées en réalité par cette exploitation sont les suivantes :

- Le transport des fanes aux étables, tout comme le modèle le propose d'ailleurs.
- Le brûlage systématique des tiges de coton, ce qui constitue une énorme perte en éléments nutritifs, au regard de l'importante quantité de paille de coton dont l'exploitation dispose et des possibilités de transformation offerte par l'importance numérique de son cheptel. Le manque à gagner en azote seulement se chiffrerait à 570 kg si l'on admet que le brûlage entraîne la perte de la totalité de l'azote, car avec 46 tonnes de pailles et une teneur en azote de 12.4 g/kg de paille, la quantité totale d'azote est de 570 kg.
- Le transport partiel des pailles de maïs à la ferme, alors que la solution proposée par le modèle est qu'il prenne en compte toute la production.
- La pâture des pailles de mil au champ suivie de l'enfouissement des refus, ce qui est différent de la proposition faite par le modèle, et qui consiste à transférer toute la paille de mil à l'enclos pour des besoins de fourrage et de litière.
- La pâture des pailles de sorgho au champ suivie du transport des refus pour la litière. Sur ce point, le modèle suggère plutôt une distribution des ces pailles à l'enclos comme fourrage, ce qui permet en même temps d'apporter de la litière au parc.

*Exploitation 2* : Ses caractéristiques sont les suivantes :

- 3 actifs
- 3 têtes de bovin
- pas de charrette
- les champs sont à une distance de 100 m
- superficie totale de 8.50 ha
- la production en pailles est de 2220 kg, 3274 kg, 7576 kg, 300 kg, et 5532 kg, respectivement pour le coton, le maïs, le mil, le niébé et le sorgho.

Le modèle indique qu'une telle exploitation peut maximiser son revenu par les activités suivantes :

- Utiliser la totalité des tiges de coton comme litière
- Utiliser strictement une portion des pailles de maïs comme litière (88 %) et transporter le reste (12 %) aux étables pour en faire du fourrage
- brûler systématiquement les pailles de mil au champ
- transporter les fanes de niébé du champ pour une distribution aux étables
- faire pâturer une partie des pailles de sorgho au champ (86 %), puis brûler les refus et transporter le reste à l'exploitation (14 %) pour le fourrage, les refus servant de litière.

Cette exploitation réalise ainsi une production de :

- 38 kg d'azote
- 7 kg de phosphore
- 171 kg de potassium
- 4027 kg de fumure
- 409 kg de fourrage de maïs
- 300 kg de fanes de niébé
- 2290 kg de fourrage de sorgho

La valorisation de tous ces produits génère un revenu net se chiffrant à 123908 F dont 91800 F provient des éléments fertilisants et 37800 F des fourrages. Le coût de ses activités est évalué à 5695 F. D'autre part, les résultats du modèle indiquent que toute la production en pailles et fanes est entièrement utilisée dans les activités définies plus haut. Il ne reste donc aucune quantité pouvant être affectée à une autre utilisation. C'est ainsi qu'une production d'une unité supplémentaire de fanes de niébé, de tiges de coton, ou de pailles de maïs, mil et sorgho, entraînerait un accroissement du revenu de l'exploitation. Le montant de cette augmentation est de 34 F, 9 F, 4 F, 5 F et 3 F, respectivement pour les fanes, les tiges de coton, les pailles de maïs, les pailles de mil, et enfin celles de sorgho. Les formes actuelles d'utilisation des résidus de récolte dans cette exploitation sont présentées dans le tableau 5.40.

Tableau 5.40. Utilisation des résidus de récolte (en %) au sein de l'UP n°2.

	arachide	coton	maïs	mil	niébé	sorgho
brûlage		100				
enfouissement						
fouillage au champ				50		
fouillage à la ferme			80		100	50
litière			20	50		50

La comparaison des propositions d'utilisation du modèle avec la pratique du paysan montre une différence notable entre les deux. Comme dans le cas précédent, cette exploitation brûle également ses tiges de coton de façon systématique. La similitude qu'il y a entre la pratique du paysan et la solution du modèle est l'utilisation des fanes de niébé et partiellement dans le cas du maïs.

*Exploitation 3* : Elle présente les caractéristiques suivantes :

- 1 actif
- 2 têtes de bovins
- une superficie totale de 8 ha
- les champs sont à une distance d'environ 1 km de l'habitation
- les productions réalisées en pailles sont de 2720 kg, 1638 kg et 7736 kg, respectivement pour le coton, le maïs et le mil. Elle n'a produit ni arachide, ni niébé, ni sorgho.

Le modèle indique que pour maximiser son revenu, cette exploitation devra se consacrer aux activités suivantes :

- Utiliser la totalité des tiges de coton comme litière
- Transporter les pailles de maïs à l'enclos des animaux où une partie sera strictement employée comme litière, et une autre, comme fourrage. La proportion à utiliser comme litière équivaut à 57 % de la production et les 43 % restants, comme fourrage.
- Repartir les pailles de mil entre le brûlage strict (78 % de la production) et laisser paître le reste par les

animaux au champ, puis brûler les refus.

Sa production théorique en éléments fertilisants et en fourrage sera alors de :

- 31 kg d'azote
- 6 kg de phosphore
- 125 kg de potassium
- 2688 kg de fumure organique
- 1292 kg de fourrage de mil
- 708 kg de fourrage de maïs.

L'avantage de ces quantités d'éléments nutritifs rendus disponibles par les activités sus désignées s'aperçoit sur les bilans de l'azote et du phosphore qui s'en trouvent améliorés. Ainsi, les déficits azoté et phosphaté au niveau de l'exploitation qui sont respectivement de 126 kg et 18 kg, sont réduites de 25 % et 33 % respectivement.

La main d'oeuvre requise pour effectuer ces activités est de 7 hommes-jour. La rémunération de celle-ci au prix de 600 F/hj, entraîne un coût de 4060 F. Le revenu net dégagé s'élève à environ 84 460 F.

Tout comme dans les exemples précédents, la totalité des pailles est consommée dans les différentes activités. En outre, le nombre de têtes constitue une contrainte à l'utilisation des pailles comme litière. Les façons d'emploi des résidus dans cette exploitation sont présentés dans le tableau 5.41.

*Tableau 5.41. Utilisation des résidus de récolte (en %) au sein de l'UP n°3.*

	arachide	coton	maïs	mil	niébé	sorgho
brûlage		100		50		
enfouissement			20			
fourrage au champ			80	50		
fourrage à la ferme						
litière						

L'examen de la façon dont opère cet exploitant dans la réalité, révèle qu'elle brûle ses tiges de coton, de même que celles de mil après que les animaux eurent prélevés ce qui est consommable. Toutefois, selon les résultats du modèle le nombre de têtes dont dispose cette exploitation ne devrait pas l'empêcher d'employer de la litière. Quant aux pailles de maïs, la pâture au champ est suivie d'un enfouissement des refus. Le choix du modèle est pour une répartition entre la litière et le fourrage à l'enclos.

Les figures ci-dessous permettent d'observer de près les résultats préconisés par le modèle et les comportements réels des paysans en matière de gestion des résidus de récolte.

[Figure 3A.](#) *Utilisation des résidus de récolte par le paysan 1*

[Figure 3B.](#) *Utilisation optimal des résidus de récolte dans l'exploitation 1.*

[Figure 4A.](#) *Utilisation des résidus de récolte par le paysan 2*

[Figure 4B.](#) *Utilisation optimal des résidus de récolte dans l'exploitation 2.*

[Figure 5A.](#) *Utilisation des résidus de récolte par le paysan 3*

[Figure 5B.](#) *Utilisation optimal des résidus de récolte dans l'exploitation 3*

La remarque générale qui doit être faite à l'issue de cet exercice complexe est que les résultats obtenus sont tributaires des estimations qui ont servi comme base de calcul. Il s'agit notamment des prix affectés aux différents produits et des considérations qui sont à la base des restrictions. Celles-ci comportent toujours des limites car, l'étude d'un système se base sur un certain nombre de suppositions. Elle peut donc négliger des aspects ou les prendre en compte avec moins de rigueur. Ceci aura inévitablement des conséquences sur les résultats obtenus. Pour corroborer cet état de fait, on peut se contenter de souligner la supposition faite au sujet de la main d'oeuvre dans la réalisation des activités. En effet, elle est présentée comme non contraignante, ce qui peut ne pas être le cas. L'affectation d'un coût à la main d'oeuvre atténue quelque peu cette situation mais elle n'élimine pas son influence.

D'autre part, il y a lieu d'indiquer que les niveaux de revenus dégagés dans la solution optimale du modèle dans les différents cas, ne signifie pas qu'il y a un apport monétaire au sein de l'exploitation. De même, les activités ainsi proposées ne permettent d'équilibrer le bilan des éléments nutritifs (N,P,K) dans aucun des trois. L'on pourrait cependant s'attendre à ce que ces activités induisent une amélioration des conditions de l'élevage à travers le fourrage fourni ou de l'agriculture par une contribution à l'amélioration de la fertilité des sols. Il ne saurait en être autrement, car dans la plupart des villages, à l'exception des fanes, les pailles n'ont pas de valeur marchande.

## **6. Conclusions et recommandations**

### **6.1. Conclusions**

Les résultats de l'étude montrent que la quantité de résidus de récolte produite est importante dans cette zone. Cela, tant par la diversité des cultures pratiquées que par l'importance de la biomasse de celles-ci. Ces résidus sont utilisés de diverses façons par les paysans.

Les formes d'utilisation des fanes d'arachide sont soit le broutage au champ par les animaux,

l'enfouissement au champ, le transport à la ferme en vue du recyclage en fumure organique ou du stockage en vue d'assurer l'alimentation adéquate des animaux pendant les périodes critiques de l'année. Parmi ces différentes formes d'utilisation, on peut considérer que l'enfouissement ou l'emploi comme litière ne sont pas rationnels, au regard de la valeur fourragère des fanes. Toutefois, il faut signaler que ces formes d'utilisation ne sont envisagées qu'en tant qu'alternatives, notamment lorsqu'elles ne peuvent plus servir dans l'alimentation des animaux. Il en est ainsi des fanes dépréciées par les moisissures parce qu'elles ont été récoltées avant l'arrêt des pluies et n'ont pas pu être mises à l'abri de celles-ci pour diverses raisons. Notamment, la poursuite des activités culturelles, la fréquentation des marchés pour l'écoulement de certains produits, etc.

Les pailles de céréales servent principalement à l'alimentation des animaux au champ ou à l'enclos. Les refus peuvent être brûlés, enfouis ou alors servir dans la production de fumure.

Il faut cependant noter qu'à l'exception des fanes dont une bonne fraction est transportée et stockée, les pailles sont surtout utilisées au champ. Cette pratique est très courante dans le cas des pailles de mil et de sorgho. Les champs de mil et de sorgho constituent d'ailleurs de véritables points de pâture et il est de plus en plus difficile de faire pendant la saison sèche, une distinction entre les champs et les parcours naturels en tant que sources d'alimentation du cheptel. Les pailles de maïs sont différemment gérées bien qu'à ce niveau également, il y ait des cas de pâture libre dans les champs. Au regard des niveaux de perte en nutriments comme évoqué dans les chapitres antérieurs, la pâture à la ferme est plus optimale que celle qui se fait au champ.

Compte tenu de la lignification des pailles, il arrive rarement qu'elles soient entièrement consommées par les animaux. Il reste donc toujours une portion non consommée constituant les refus.

L'affectation que reçoivent ces refus ainsi que les tiges de coton qui ne sont pas broutées par les animaux est soit le brûlage, l'enfouissement ou le recyclage. Les chiffres révèlent que le brûlage porte sur d'importantes quantités de pailles, surtout celles du coton dont plus de la moitié est brûlée. L'enfouissement ou la transformation en fumure organique sont cependant plus économiques eu égard au fait qu'ils permettent de minimiser les pertes en azote, par rapport au brûlage. Toutefois, ces pratiques optimales requièrent plus de travail, d'équipement et de cheptel entre autres, pour la valorisation des produits transportés.

Les résultats de cette étude ont également montré que les pratiques peu efficaces étaient l'oeuvre d'un nombre assez important de paysans.

Compte tenu de la pression qui s'exerce sur le foncier dans la zone du fait de la croissance démographique, il y a actuellement peu ou pas de place pour les méthodes traditionnelles de restauration de la fertilité des sols. La jachère a presque disparu dans les systèmes paysans. La nécessité de produire davantage pour satisfaire les besoins alimentaires et autres induits par l'accroissement démographique et de préserver en même temps la possibilité de production à long terme du sol, impose une meilleure utilisation des ressources indispensables au maintien de la fertilité des sols. Cette situation nous a

conduit à faire en plus des contraintes signalées par les paysans, à faire des analyses basées sur certaines variables objectives des exploitations. Pour ces investigations nous, nous sommes posé la question de savoir pourquoi le comportement des paysans en matière de gestion des résidus dévie de qu'on aurait dû constater. Les variables prises en compte dans les analyses portent essentiellement sur la disponibilité des ressources. Ainsi, l'hypothèse de travail émise est que l'utilisation des résidus de récolte est déterminée par la disponibilité des ressources au niveau de l'exploitation plus que toute autre considération en raison des défis à relever.

Par rapport au brûlage des pailles, l'analyse révèle que même lorsqu'il y a une relation de corrélation entre la disponibilité en ressource et le brûlage des pailles, l'intensité du lien est très faible. De même, on ne peut postuler à une hypothèse de linéarité entre la distance du champ de coton et du mil et la pratique du brûlage. La distance n'intervient que dans le cas du sorgho. C'est dire donc qu'il n'y a pas de comportement différentiel entre les exploitations quelque soit leurs caractéristiques. Il n'y a donc pas de différence d'efficacité dans la gestion des résidus de récolte entre les exploitations. On serait alors tenter de dire que la tradition ou d'autres facteurs, jouent un rôle plus prépondérant que la disponibilité en ressources. Au cours des enquêtes d'opinion, les paysans ont évoqué diverses contraintes à l'utilisation des résidus de récolte. Si certains ont clairement exprimé leurs contraintes, il n'en a pas été de même pour d'autres. Il y a aussi une catégorie de paysans ayant déclarés n'avoir aucune contrainte. Parmi ceux-ci, certains ont fait savoir que le brûlage constituait également à leur avis, une méthode de fertilisation des champs. Des investigations n'ont cependant pas été faites pour déterminer si cela était un sentiment général. Parmi les contraintes figurent, entre autres, le manque de main d'oeuvre, le manque ou l'insuffisance de moyens de transport, le manque d'animaux, le manque de moyens financiers.

Pour ce qui concerne les paysans enquêtés qui n'ont pas voulu exprimer leurs contraintes, il semble que même s'ils sont bien dotés en main d'oeuvre, il se pose à leur niveau, un problème d'organisation. Les travaux relatifs aux résidus s'effectuent pendant l'inter-saison et il se peut qu'à cette époque certaines exploitations à nombre élevé de main d'oeuvre subissent une forte migration de leurs actifs. De la même façon, une exploitation peut avoir un cheptel important mais non présent pendant toute l'année afin que l'on puisse apporter de la paille comme litière. Vu le nombre limité d'équipement au sein de l'exploitation, il survient quelquefois des pannes comme l'ont souligné certains paysans. Il se créerait alors un goulot d'étranglement dans les activités lorsqu'elle n'est pas réparée à temps, et ceci peut amener à hiérarchiser les travaux à faire avec ce matériel, donc à exclure éventuellement le transport des pailles. Tout ceci, pour dire qu'il ne faudrait pas vite tirer la conclusion que la disponibilité en ressource n'a aucune influence sur cette pratique. On se rapprocherait alors de la théorie de Chayanov qui veut que l'intensité du travail varie en raison inverse de la capacité de travail relative de l'unité de production (Chayanov cité par Jonckers, 1981). Le débat qui a cours est relatif à la meilleure gestion des ressources organiques disponibles au sein des exploitations dans la perspective d'une agriculture durable. La question qui se pose donc est de savoir s'il n'existe pas de terroir à faible pression démographique ou présentant des caractéristiques particulières parmi les villages choisis. Si tel est le cas, il faudrait plus d'autres mesures pour amener les paysans à une meilleure gestion de leurs résidus, autrement dit à l'intensification, surtout que même si la dégradation existe, elle a un caractère insidieux. Binswanger (1987) signale que l'accroissement démographique et l'accès au marché sont les principaux éléments déterminants de l'intensification.

Les résultats d'enquête sur l'utilisation de la fumure organique indique qu'à ce niveau, il n'y a pas de gaspillage à proprement parler. L'analyse des résultats par village indique que la quantité utilisée par unité varie selon les villages. Il ressort que les quantités utilisées par unité de surface sont plus importantes dans les villages où le brûlage est moins pratiqué. Le constat est cependant que la collecte du fumier se limite à l'intérieur du parc et dans quelques rares cas, sur les lieux d'abreuvement des animaux. En dehors de cette aire, tout ce qui est déposé comme fèces tombe soit sur les parcours, dans les champs de l'exploitation ou ceux d'autrui. D'autre part, les pertes au cours du transport sont insignifiantes selon les paysans. Cela découle du fait que dans le souci d'assurer la longévité des moyens de transport mais aussi en raison de la faiblesse des animaux, les quantités introduites dans les charrettes sont en général faibles. En outre, la plus grande proportion de fumier est utilisée sur les champs communs et plus précisément sur les soles exigeantes en fumure organique. Le problème fondamental qui se pose dans le cas du fumier est celui de qualité et la faiblesse des quantités produites. Selon les paysans enquêtés, il est possible d'accroître la production de fumure par une utilisation maximale de la litière dans les parcs. Cela passe par la collecte, aussi bien, des pailles de brousse que des résidus et des déchets de battage. Le compostage constitue une autre possibilité. Tout cela exige, l'équipement requis pour le transport en nombre suffisant mais aussi et surtout des actifs courageux, selon leur propre expression. A défaut de cela, il faut avoir les moyens financiers pour recruter la main d'oeuvre salariée ou pour motiver ses propres actifs à faire ce travail.

Selon nos résultats, les quantités de fumier produites correspondent à une durée de stabulation de 14 heures. Un prolongement de la durée de stabulation, conjugué à une plus grande utilisation de litière, serait à mesure d'accroître la production de fumier et d'en améliorer la qualité. Cela passe nécessairement par une intensification de l'élevage qui commence d'abord par un meilleur usage du potentiel de biomasse disponible dans la zone. Mais il faudrait aussi qu'il y ait des débouchés sûrs et incitatifs pour les produits principaux qui seront générés. Il y a donc un lien entre l'amélioration de la fertilité des sols et l'intensification de l'élevage.

La conséquence qui découle de cette gestion des résidus a été analysée à travers le calcul du bilan de l'azote au niveau champ. Il en ressort qu'en moyenne, le déficit azoté par unité de surface se chiffre à 37 kg. Certes, ce résultat ne peut être imputable au seul mode de gestion des résidus. Mais, toutes choses égales par ailleurs, une bonne gestion contribuerait à atténuer ce déficit.

Un modèle d'optimisation de l'utilisation des résidus a été élaboré en vue de rechercher les formes d'utilisation qui permettent de maximiser les revenus des exploitations. La comparaison des résultats de ce modèle par rapport à la réalité au niveau de trois exploitations ayant des ressources différentes, a montré qu'à l'exception des fanes, les solutions préconisées par le modèle sont différentes de ce qui se fait dans la réalité.

Il y a lieu de mettre davantage l'accent sur l'utilisation rationnelle des résidus de récolte. Et pour ce faire, tous les partenaires au développement ont à y jouer un rôle.

## 6.2. Recommandations

Les recommandations qui peuvent être faites de cette étude sont principalement de deux ordres. Il y a celles qui s'adressent à la Recherche et celles qui concernent l'Encadrement Technique.

A la Recherche : Vue l'importance des résidus de récolte :

- Cette étude mérite d'être reprise avec un échantillon plus important et un suivi plus long afin d'identifier les contraintes qui bloquent la bonne gestion des résidus de récolte.
- D'autres variables doivent être prises en compte dans le cadre d'une investigation plus poussée sur les causes qui influencent le comportement des unités de production, par rapport aux résidus de récolte.
- Des voies et moyens doivent être recherchés afin de permettre la durée de stabulation des animaux, préalable à une intensification de l'utilisation de la litière. Concomitamment, des études doivent être faites pour vérifier si l'emploi de litière provoque des maladies chez les animaux, comme le prétendent certains exploitants.

A l'adresse de l'encadrement :

- Compte-tenu du caractère insidieux du phénomène de dégradation, les efforts de sensibilisation doivent se poursuivre et s'intensifier afin d'aboutir à un changement des pratiques de gestion saines et porteuses.
- Parallèlement, des moyens adéquats de nature à faciliter le travail de collecte et l'utilisation des résidus doivent être mis à la portée des paysans.
- L'utilisation efficace allant de pair avec l'intensification des activités d'élevage, il serait opportun de chercher de débouchés sûrs pour les produits qui seront générés.

## Bibliographie

Avnimelech, Y., 1991. Organic residues in modern agriculture. In The rôle of organic matter in modern agriculture. editors Chen. Y, Avnimelech. Y.

Barbier, B., 1994. Modélisation Agronomique et Economique de la Durabilité d'un Système Agraire Villageois. Le cas de Bala au Burkina Faso. Thèse de Doctorat.

Bationo, A., MOKWUNYE.A.U., 1991. Rôle 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. In A.U. Mkwunye (Ed.), Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa, 217-225.

- Berger, M., Belem P.C., Dakouo D., Hien V., 1987, Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage.
- Berger, M., 1990. La gestion des résidus organiques à la ferme. In Savanes d'Afrique, terres fertiles? Actes des rencontres internationales Montpellier (France), 10-14 Décembre 1990.
- Berger, J., 1970. The world's major fibre crop. Their cultivation and manuring.
- Binswanger, H P., Bigot. Y, Pingali. P, 1987. La mécanisation et l'évolution des systèmes agraires en Afrique Subsaharienne.
- Boserup, E., 1965. Evolution agraire et pression démographique. Nouvelle bibliothèque scientifique . Flammarion.
- Borderon. A., 1989. Rapport d'évaluation du projet Mali-Sud III Tome 1.
- Breman, H., Traoré. N (eds), 1987. Analyse des conditions de l'élevage et propositions de politiques et de programmes. Mali OCDE/CILS Club du Sahel.
- Breman, H., De Ridder. N., 1991. [Manuel sur les pâturages des pays sahéliens.](#)
- Bureau central de Recensement, 1991. Recensement général de la population et de l'emploi (1er au 14 Avril, 1987).
- Cissé, B., 1983. Evolution de l'économie cotonnière au Mali. Les facteurs de la croissance. La limite du développement.
- CMDT, 1984. Influence de la politique macro-économique sur les performances de la région de Koutiala (Zone CMDT).
- CMDT, 1990. Rapport annuel 1989-1990 en zone cotonnière.
- CMDT, 1992. Bilan de la production agricole. Campagne 1986 à 1992.
- CMDT, 1993. Zonage Mali-Sud , Développement et gestion des ressources. Région de Koutiala, Projet Gestion terroir San-Koutiala.
- Crauser, JP., Harvatopoulos.Y., Sarnin, P., 1989. Guide pratique d'Analyse des données. Institut de Recherche de l'Entreprise (Groupe ESC Lyon).

- De Ridder, N., & Van Keulen H., 1990. Some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the West African semi-arid tropics (SAT). *Fertilizer Research* 26, p.299-310.
- Diarra, N., 1984. Le coton, facteur de développement de l'élevage dans le Mali-Sud. Th Master of Sc IAM. 211p.
- Douzet, 1993. Synthèse Résultats 1988-1992 Projet Vivrier.
- DRSPR. Rapports Commissions Techniques 1989, 1990, 1991.
- DRPR, 1993. Approche gestion de terroir villageois. Proposition d'une méthodologie. Document de travail. Sikasso, Mars 1991.
- Ganesh, P., Rauniyar, Goode. F. M., 1992. Technology Adoption on small farms. *World Development*, vol.20, No.2, pp.275-282, 1992.
- Gerner, H., Harris. G., 1993 Utilisation et approvisionnement des engrais en Afrique Sub-saharienne. In *Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne*.
- Giri, J., 1983. Le Sahel demain. Catastrophe ou renaissance ?
- Greenland, D.J., 1977. Organic recycling in agriculture : Some research needs in Organic recycling in Africa. Papers presented at the FAO/SIDA Workshop on the use of organic materials as fertilizers in Africa held in Buea, Cameroon, 5-14 Decembre, 1977.
- Hainnaux, G., 1980. Le cycle de l'azote dans les agro-systèmes de l'Afrique de l'Ouest. In *Nitrogen cycling in West African Ecosystems*.
- Hijkoop, J., Van der poel. P, Kaya B., 1989. Une Lutte de longue haleine... Amenagements anti-érosifs et Gestion de terroir. Collection Systèmes de Production Rurale.
- Jonckers, D., Colleyn, JP., 1974. La communauté familiale Chez les Minianka du Mali. In *JNL Soc. des Afric*. XLIV P.43-52.
- Jonckers, D., 1981. Organisation socio-économique des Minianka du Mali. Thèse présentée pour l'obtention du titre de Doctorat en Sciences Sociales.
- Kleene, P., Sanogo B, Vierstra G., 1989. A partir de Fousebougou... Présentation, Objectifs et Méthodologie du 'Volet Fousebougou' (1977-1987). Collection : Systèmes de Production Rurale au

## Mali : Volume 1.

Landais, E., Lhoste. P, Guerin. H.,1990. Systèmes d'élevage et transfert de fertilité. In Savanes d'Afrique, terres fertiles? Actes des rencontres internationales Montpellier (France), 10-14 Décembre 1990.

Leloup, S., Traoré. M., 1989. La situation fourragère dans le Sud-Est du Mali (Regions CMDT de Sikasso et de Koutiala\_ tomeI).

Le Roy, E., 1991. L'appropriation et les systèmes de production. In L'appropriation de la terre en Afrique Noire. Manuel d'analyse, de décision et de gestion foncières.

Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Environnement, 1992. Schéma Directeur du Secteur Développement Rural. Volume II. Stratégie générale.

Méthodologie de la Recherche Socio-économique, 1990. Polycopié dans le cadre du cours de Méthodologie de la recherche socio-économique, Agro 3. Fruit de la coopération universitaire Bénino-Néerlandaise. Projet UNB/LUW/SVR.

Penning de vries F.W.T, Djitéye M.A, 1982 (eds). [La productivité des pâturages sahéliens : Une étude des sols, des végétation et de l'exploitation de cette ressource naturelle.](#)

Pichot, J., Burdin. S. ? L'enfouissement des pailles de Mil Pennisetum dans les sols sableux dunaires. Son influence sur les rendements et la nutrition minérale du mil. Son action sur les caractéristiques chimiques du sol et la dynamique de l'azote minéral. L'Agronomie Tropicale 1974. Vol XXIX no 10 995-1005.

Pieri, C., ? La fumure des céréales de culture sèche en République du Mali. Premier essai de synthèse.

Pieri, C., 1989. Fertilité des terres de savanes.Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. CIRAD/IRAT, Montpellier, 444 p.

Poulain, J-F., 1980. Les résidus de culture dans les systèmes culturaux traditionnels de l'Afrique de l'Ouest. Effet sur le bilan minéral et le statut organique des sols. Propositions pour leur meilleure gestion. In Regional workshop in Africa on organic recycling in Agriculture. 5\_17 December 1977.

Quilfen, J.P., Milleville. P., 1981. Résidus de culture et fumure animale : Un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute-Volta. Agron.Trop.38 : 206-212. Rapport annuel CMDT. Campagne agricole 1989-1990.

Rivière, R., 1977. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Institut

d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux.

Raymond, G., Faure. G., Persoons. C., 1990. Pratiques paysannes en zone cotonnière face à l'augmentation de la pression foncière. In Savanes d'Afrique, terres fertiles? Actes des rencontres internationales Montpellier (France), 10-14 Décembre 1990.

Sissoko, K., Bakker. E.J., Quak. W., Touré. MSM., 1994. Application de la modélisation aux niveaux "petite région et ferme" : étude de cas du cercle de Koutiala. Description des ressources et de l'environnement socio-économique. Typologie des fermes.

Touré, D., Dembélé, E., Bosma, R., 1992. Propositions d'actions pour la zone "Siwa". CLD, Koutiala, 24 p.

Sivakumar, M V K., Konaté. M., & Virmani. S M., 1984. Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : Le Mali.

Van Duivenbooden, N., 1992. Sustainability in terms of nutrients elements with special reference to West-Africa.

Van der pol, Floris., 1990. Soil mining. An unseen contributor to farm income in southern Mali.

---

## Liste des sigles et abréviations

BNDA : Banque Nationale de Développement Agricole

CMDT : Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles

CFA :

CAC :

C : Consommateur

DRSPR : Département de Recherche sur les systèmes de production rurale

ESPGRN : Equipe Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles

EC :

Equi : Equipement

FGR ;

FERTECON :

IER : Institut d'Economie Rurale

KM2 : Kilomètre carré

K : Potassium

MO : Matière organique

N : Azote

OPAM : Office des Produits Agricoles du Mali

P : Phosphore

PIRL : Projet Inventaire des Ressources Ligneuses

PSS : Projet de Productions Soudano-Sahéliennes

PNT : Phosphate Naturel de Tilemsi

SYCOV : Syndicat des Producteurs du Coton et des Vivriers

SIM : Système d'Information du Marché Céréaliier

Sor : Sorgho

Suptot : Superficie Totale

UBT : Unité Bétail Tropical

ULV : Ultra Low Volum

W : Travailleur

WCED :

# Rapports PSS N°18 (Annexes)

## Liste des annexes

- [Annexe 1.](#) Questionnaire residus de recolte
  - [Annexe 2.](#) Formules de calcul du bilan des éléments nutritifs
  - [Annexe 3.](#) Teneur en éléments nutritifs
  - [Annexe 4.](#) Model Util\_res
- 

## Annexe 1. Questionnaire residus de recolte

**Nom: Questionnaire résidus de recolte**

**Village:**

Nombre d'actifs: H /  / F /

Taille de l'exploitation:

**A)Utilisation des résidus de récolte**

**1. Superficie<sup>1</sup> cultures pures et production totale**

	unité	coton	mil	sorgho	maïs	niébe	arachide	autres
Sup.	ha	...	...	...	...	...	...	...
Prod.	...	...	...	...	...	...	...	...

date de réc(mois)

Distance(k ... ..  
(exprimer la production en charrétée, en panier, en kg, ou autres)

**2. Superficie des cultures en asso (coton=1;... arachide=6; autre=7)**

	Cult.1	%	Cult.2	%	Cult.3	%	Superficie (ha)
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...

Avez-vous des terres en jachere? (0, 1)

(si oui, indiquer la superficie et le nombre d'années)

Quelle est la durée moyenne d'exploitation de vos parcelles?(nombre d'années)

**3. Utilisation des produits principaux (%)**

utilisation	coton	mil	sorgho	maïs	niébe	Arachide	autres
vente							
stockage							
autre							

**4. Utilisation des produits secondaires (%)**

utilisation	coton	mil	sorgho	maïs	niébe	arachide	autres
pâturé							
pâturé puis transporté							
transport immédiat							
laissé au champ sans pâture							

Si la paille est pâturée au champ, pendant combien de mois? /  /

Quels animaux? (1= personnels; 2= d'autrui)

Si les animaux d'autrui pâturent dans le champ, qu'est-ce qu'ils donnent en retour?

**5. Destination des produits secondaires qui restent au champ(%)**

(epoque: numéroté de 1 à 12 selon le mois, animaux: 1=propres; 2 = d'autrui;)

**5. Destination des produits secondaires qui restent au champ(%)**

(epoque: numéroté de 1 à 12 selon le mois, animaux: 1=propres; 2 = d'autrui;)

<u>utilisation</u>	<u>coton</u>	<u>mil</u>	<u>sorgho</u>	<u>maïs</u>	<u>niébe</u>	<u>arachide</u>	<u>autre</u>
enfouissement							
mois							
brulage							
mois							
aucune							

**6.Moyens de transport utilisés**

(1=charrette bov; 2=ch. asina; 3=tracteur; 4=bicyclette; 5=autres)

	<u>coton</u>	<u>mil</u>	<u>sorgho</u>	<u>maïs</u>	<u>niébe</u>	<u>arachide</u>	<u>autre</u>
moyen de transport utilisé							
quantité transportée							
Nombre d'hommes employés							
Nombre de femmes							
Nombre d'enfants							
Temps de travaux (jours)							

Louez-vous des moyens pour le transport des résidus? (0,1)

Lesquels? (1,2,3,4,5) Pendant combien de jours? /\_/\_/

Coût par jour ou par voyage /\_/\_/

**7.Destination des produits secondaires transportés**

<u>Utilisation</u>	<u>coton</u>	<u>mil</u>	<u>sorgho</u>	<u>maïs</u>	<u>niébe</u>	<u>arachide</u>	<u>autre</u>
fourrage							
lieu							
combustible							
lieu							
litière							
lieu							
construction							
lieu							
vente							
lieu							
prix							
autres							
lieu							

**8. Vend -t-on les résidus de récolte dans votre village? (0,1)**

**9. Achetez-vous des résidus de récolte hors du village?**

	<u>coton</u>	<u>mil</u>	<u>sorgho</u>	<u>maïs</u>	<u>niébe</u>	<u>arachide</u>	<u>autre</u>
lieu	..	..	..	..	..	..	..
prix	..	..	..	..	..	..	..

**10. Quels sont selon vous les contraintes à l'utilisation des résidus de récolte?**

(1= en équipement; 2= en animaux; 3= distance; 4=financière; 5=stockage; 6=autres)

**11. Avez-vous reçu des conseils dans l'utilisation des résidus de récolte?**

OUI /  Non /

De qui? CMDT/  DSSPR/  AUTRES/

Lesquels?

Les appliquez-vous? Oui /  Non /

Pourquoi?

**B. PRODUCTION DU FUMIER**

vaches (1) boeufs (2) veaux (3) ovins(4) caprins(5)

**1. Taille du troupeau (nombre):**

... ..

**2. lieu de pâture par saison** (saison: 1=froide; 2=chaude; 3=hivernage)

Si le troupeau est divisé, il faut indiquer la partie de laquelle il s'agit

Partie du troupeau (1,2,3,4,5)		transhumance		pâturages		champ	stabilisation
				frebourg quotidien			
bovins.	Période(s)	...	...	...	...	...	...
ovins/caprins	Période(s)	...	...	...	...	...	...
...	Période(s)	...	...	...	...	...	...

**3. Lieu et type du parc; alimentation**

	1	2	3	4	5	Réponse
Type de parc	Pas de parc	fixe	mobile	étable	...	...
Emplacement	champ	village	...	...	...	...
Durée de séjour au parc (hr/j)]						...
Animaux parqués(encercler)	vaches	boeufs	veaux			
Type d'aliments(encercler)	rés. de récolte	ABM	paile de broussa	...	—	
Quantité d'aliments						

A quelle période se fait le parquage des animaux pendant la nuit?

(1= toute l'année; 2= saison froide; 3= saison chaude; 4= hivernage)

**4. Lieu de collecte des fèces:**

(1= parc; 2=pâturages; 3=lieu d'abreuvement; 4=dans la concession; 5=autres)

Si autres, spécifier:

**5. Utilisation de la litière**

(lieu de stockage: 1= au champ 2= à coté du parc 3=au magasin 4=autre)

En plus des tiges des cultures, utilisez-vous d'autres produits comme litière?(o, 1)

litière                      déchets de battage                      rafles de maïs                      autres

utilisé? (0, 1)

quantité (charrettée)

lieu

époque

(si autres, spécifier)

**6. Quelle est la fréquence d'introduction de la litière?**

(1= quotidiennement; 2=hebdomadairement; 3=mensuellement; 4=annuellement; 5=autres)

Si autres, spécifier:

litière                      coton                      mil                      sorgho                      maïs                      niébe                      arachide                      autre

fréquence

époque

**7. A quelle période vous vous-occupez de la production de fumier?**

1= toute l'année; 2=saison froide; 3=saisonchaude; 4=hivernage

5=2+3 6=2+4 7=3+4

**C) UTILISATION DU FUMIER**

**1. Les différentes formes de fumure utilisées**

Fumure                      bovins                      ovins                      caprins                      ordures ménagère                      compost                      autres

moyen de transport utilisé

quantité transportée

Nombre d'hommes employés

Nombre de femmes

Nombre d'enfants

Temps de travaux (jours)

(1=charrette bov; 2=ch asine; 3=tracteur; 4=biocycle; 5=autres)

(nombre de charrettées, de panier, autres; à spécifier)

**2. Quelle est la provenance de votre fumure?**

achat /  / production personnelle /  / autres

Le fumier est-il vendu dans votre village?

Si oui préciser le coût

3. Louez-vous des moyens pour le transport du fumier?(0,1)

Lesquels? {1,2,3,4,5} Pendant combien de jours? /\_/

Coût par jour ou par voyage /\_/

Faites-vous appel à la main d'oeuvre salariée?

Oui /\_/ Non /\_/ Coût journalier /\_/ Nombre annuel /\_/

Faites-vous appel aux associations de travail?

Oui /\_/ Non /\_/ nombre de personnes /\_/ coût /\_/

4. Constatez-vous des pertes au cours du transport?(0,1)

Comment les qualifiez-vous?

Importantes /\_/ Moyennement importantes /\_/ Négligeables /\_/

Donnez les proportions?

5. A quelle période de l'année le transport se fait-il?

Pourquoi?

Cette activité entre-t-elle en concurrence avec d'autres activités?(0,1)

Si oui lesquelles?

6. A quelle époque faites-vous l'épandage du fumier au champ? /\_/

Pourquoi?

7. Quelles sont les diverses utilisations de la fumure dans votre exploitation(%)?

champs /\_/ Jardins potagers / Vergers /\_/ autres:

8. Utilisation d'engrais et de fumier

Cultures                      coton      mais      mil      sorgho      arachide      niébé      autres

quantité fum

quantité urée

quantité c.cot

quantité c.cer

(exprimer les quantité de fumier en charrettes ou autres et les quantités d'engrais en kg)

9. Sur quels types de sols, utilisez-vous le fumier?(Noms vernaculaires)

Pourquoi?

Sur quels types de sols, vous n'utilisez pas de fumier?

Pourquoi?

Dans quelle intervalle de temps la même parcelle est fumée?

(1=chaque an ;2=chaque 2 ans; 3=chaque 3 ans; 4=autres)

10. Avez-vous reçu des conseils dans le cadre de la production du fumier?

Oui /\_/ Non /\_/

Quels types de conseils?

De qui?

Les appliquez-vous? Oui /  Non /

Depuis combien d'années?

11. Croyez-vous pouvoir accroître votre production de fumier?

Oui /  Non /

Si oui, préciser les moyens à mettre en oeuvre:

12. Quelles sont les contraintes à la production de fumier?

13. Quelles sont les contraintes à l'utilisation du fumier?

14. Avez-vous des méthodes traditionnelles d'appréciation de la qualité du fumier?

Oui /  Non /

Lesquelles?

15. Quelle est la qualité du fumier que vous utilisez?

(1=bonne; 2=moyenne; 3=mauvaise; 4=ne sait pas)

Utilisez-vous des fosses fumières?(0, 1)

16. Quelle est selon vous la meilleure utilisation du fumier?

Cultures: Coton /  Sorgho /  Mais /  Mil /  Autres /

Justifier votre réponse

17. Quels sont selon vous les avantages de l'utilisation du fumier?

TEMPS DE TRAVAUX

Paysan no

Nom:

Type:

Date:

Village:

Type d'opération: Arrachage des tiges

**Type d'opération: Arrachage des tiges**

Cultures                      coton                      mil                      sorgho                      maïs                      niébe                      arachide                      autre

Début(heure)  
 Temps pause(mn)  
 Fin(heure)  
 moyen  
 Superficie  
 Nombre hommes  
 Nombre femmes  
 Nombre enfants  
 Temps de travaux(jours)

(1=daba; 2=houe; 3=couteau; 4=autres)

Avez-vous fait appel a la main d'oeuvre salariée (0;1)

Nbre de personnes:                      Nbre de jours:                      Coût par jour :

Avez-vous fait appel aux associations de travail(0;1)

Nbre de personnes:                      Nbre de jours:                      Coût par jour :

**TRANSPORT DES RESIDUS DE RECOLTE**

Cultures                      coton                      mil                      sorgho                      maïs                      niébe                      arachide                      autre

moyen de transport  
 quantité transportée  
 Nombre hommes  
 Nombre femmes  
 Nombre enfants  
 Temps de travaux(jours)

(1=charrette bov; 2=charrette asine; 3=tracteur; 4=bicyclette ;5=autres)

Louez-vous des moyens pour le transport des résidus? (0,1)

Lesquels? (1,2,3,4,5) Pendant combien de jours? /\_/\_/

Coût par jour ou par voyage /\_/\_/

Avez-vous fait appel a la main d'oeuvre salariée (0;1)

Nbre de personnes:                      Nbre de jours:                      Coût par jour :

Avez-vous fait appel aux associations de travail(0;1)

Nbre de personnes:                      Nbre de jours:                      Coût par jour :

**Destination des produits secondaires transportés(%)**

Utilisation                      coton                      mil                      sorgho                      maïs                      niébe                      arachide                      autre

foufrage  
 lieu  
 combustible



Sur quels types de sols, utilisez-vous le fumier?(Noms vernaculaires)

Pourquoi?

Sur quels types de sols, vous n'utilisez pas de fumier?

## INVENTAIRE ANIMAUX

vaches (1)    boeufs (2)    veaux (3)    ovins(4)    caprins(5)

### Nombre de têtes

...                      ...                      ...

Nombre parqués

Nombre au piquet

inventoriez et décrivez les différents types de fumures organiques produites au sein de l'exploitation tout en précisant les matériaux utilisés, les travaux effectués, les investissements de toute nature.

4

## Annexe 2. Formules de calcul du bilan des éléments nutritifs

$$N_{bru\_ara} = N_{ppa\_ara} * bru\_ara$$

$$N_{bru\_cot} = N_{ppa\_cot} * bru\_cot$$

$$N_{bru\_mai} = N_{ppa\_mai} * bru\_mai$$

$$N_{bru\_cot} = N_{ppa\_cot} * bru\_cot$$

$$N_{bru\_mil} = N_{ppa\_mil} * bru\_mil$$

$$N_{bru\_nie} = N_{ppa\_nie} * bru\_nie$$

$$N_{bru\_sor} = N_{ppa\_sor} * bru\_sor$$

$$N_{dep\_fer} = (N_{flm\_ara} + N_{flm\_cot} + N_{flm\_mai} + N_{flm\_mil} + N_{flm\_nie} + N_{flm\_sor}) * (24 - tc) / tc$$

$$N_{enf\_ara} = N_{ppa\_ara} * enf\_ara$$

$$N_{enf\_cot} = N_{ppa\_cot} * enf\_cot$$

$$N_{enf\_mai} = N_{ppa\_mai} * enf\_mai$$

$$N_{enf\_mil} = N_{ppa\_mil} * enf\_mil$$

$$N_{enf\_nie} = N_{ppa\_nie} * enf\_nie$$

$$N_{enf\_sor} = N_{ppa\_sor} * enf\_sor$$

$$N_{eng\_ara} = cco\_ara * (N_{cco}) * (1 - f_{en\_p}) + cce\_ara * (N_{cce}) * (1 - f_{en\_p}) + ure\_ara * (N_{ure}) * (1 - f_{en\_p})$$

$$N_{eng\_cot} = cco\_cot * (N_{cco}) * (1 - f_{en\_p}) + cce\_cot * (N_{cce}) * (1 - f_{en\_p}) + ure\_cot * (N_{ure}) * (1 - f_{en\_p})$$

$$N_{eng\_mai} = cco\_mai * (N_{cco}) * (1 - f_{en\_p}) + cce\_mai * (N_{cce}) * (1 - f_{en\_p}) + ure\_mai * (N_{ure}) * (1 - f_{en\_p})$$

$$N_{eng\_mil} = cco\_mil*(Ncco)*(1-f_{en\_p}) + cce\_mil*(Ncce)*(1-f_{en\_p}) + ure\_mil*(N_{ure})*(1-f_{en\_p})$$

$$N_{eng\_nie} = cco\_nie*(Ncco)*(1-f_{en\_p}) + cce\_nie*(Ncce)*(1-f_{en\_p}) + ure\_nie*(N_{ure})*(1-f_{en\_p})$$

$$N_{eng\_sor} = cco\_sor*(Ncco)*(1-f_{en\_p}) + cce\_sor*(Ncce)*(1-f_{en\_p}) + ure\_sor*(N_{ure})*(1-f_{en\_p})$$

$$N_{exp\_ara} = \text{Sum}(E32:M32)$$

$$N_{exp\_cot} = \text{Sum}(Z32:AH32)$$

$$N_{exp\_mai} = \text{Sum}(AT32:BB32)$$

$$N_{exp\_mil} = \text{Sum}(BN32:BV32)$$

$$N_{exp\_nie} = \text{Sum}(CH32:CP32)$$

$$N_{exp\_sor} = \text{Sum}(DC32:DK32)$$

$$N_{fau\_ara} = N_{ppa\_ara}*foc\_ara*(24-tc)/24*(1-f_{blm})$$

$$N_{fau\_cot} = N_{ppa\_cot}*foc\_cot*(24-tc)/24*(1-f_{blm})$$

$$N_{fau\_mai} = N_{ppa\_mai}*foc\_mai*(24-tc)/24*(1-f_{blm})$$

$$N_{fau\_mil} = N_{ppa\_mil}*foc\_mil*(24-tc)/24*(1-f_{blm})$$

$$N_{fau\_nie} = N_{ppa\_nie}*foc\_nie*(24-tc)/24*(1-f_{blm})$$

$$N_{fau\_sor} = N_{ppa\_sor}*foc\_sor*(24-tc)/24*(1-f_{blm})$$

$$N_{fcr\_ara} = N_{ppa\_ara}*foc\_ara*(1-f_{vol\_exc})*tc/24$$

$$N_{fcr\_cot} = N_{ppa\_cot}*foc\_cot*(1-f_{vol\_exc})*tc/24$$

$$N_{fcr\_mai} = N_{ppa\_mai}*foc\_mai*(1-f_{vol\_exc})*tc/24$$

$$N_{fcr\_mil} = N_{ppa\_mil}*foc\_mil*(1-f_{vol\_exc})*tc/24$$

$$N_{fcr\_nie} = N_{ppa\_nie}*foc\_nie*(1-f_{vol\_exc})*tc/24$$

$$N_{fcr\_sor} = N_{ppa\_sor}*foc\_sor*(1-f_{vol\_exc})*tc/24$$

$$N_{fcv\_ara} = N_{ppa\_ara}*foc\_ara*f_{vol\_exc}*tc/24$$

$$N_{fcv\_cot} = N_{ppa\_cot}*foc\_cot*f_{vol\_exc}*tc/24$$

$$N_{fcv\_mai} = N_{ppa\_mai}*foc\_mai*f_{vol\_exc}*tc/24$$

$$N_{fcv\_mil} = N_{ppa\_mil}*foc\_mil*f_{vol\_exc}*tc/24$$

$$N_{fcv\_nie} = N_{ppa\_nie}*foc\_nie*f_{vol\_exc}*tc/24$$

$$N_{fcv\_sor} = N_{ppa\_sor}*foc\_sor*f_{vol\_exc}*tc/24$$

$$N_{fip\_ara} = ((N_{lit\_ara}+N_{fof\_ara}*(1-f_{brou\ ara}))/tN_{p\ ara})*(cap\_fix\_N\ ara))*1000$$

$$N_{fip\_cot} = ((N_{lit\_cot}+N_{fof\_cot}*(1-f_{brou\ cot}))/tN_{p\ cot})*(cap\_fix\_N\ cot))*1000$$

$$N_{fip\_mai} = ((N_{lit\_mai}+N_{fof\_mai}*(1-f_{brou\ mai}))/tN_{p\ mai})*(cap\_fix\_N\ mai))*1000$$

$$N_{fip\_mil} = ((N_{lit\_mil}+N_{fof\_mil}*(1-f_{brou\ mil}))/tN_{p\ mil})*(cap\_fix\_N\ mil))*1000$$

$$N_{fip\_nie} = ((N_{lit\_nie}+N_{fof\_nie}*(1-f_{brou\ nie}))/tN_{p\ nie})*(cap\_fix\_N\ nie))*1000$$

$$N_{fip\_sor} = ((N_{lit\_sor}+N_{fof\_sor}*(1-f_{brou\ sor}))/tN_{p\ sor})*(cap\_fix\_N\ sor))*1000$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{fix\_ara}} &= (N_{\text{ppr\_ara}} + N_{\text{ppa\_ara}}) * f_{\text{fix}} \\
 N_{\text{fix\_nie}} &= (N_{\text{ppr\_nie}} + N_{\text{ppa\_nie}}) * f_{\text{fix}} \\
 N_{\text{flm\_ara}} &= N_{\text{ppa\_ara}} * \text{foc\_ara} * (24 - \text{tc}) / 24 * f_{\text{blm}} \\
 N_{\text{flm\_cot}} &= N_{\text{ppa\_cot}} * \text{foc\_cot} * (24 - \text{tc}) / 24 * f_{\text{blm}} \\
 N_{\text{flm\_mai}} &= N_{\text{ppa\_mai}} * \text{foc\_mai} * (24 - \text{tc}) / 24 * f_{\text{blm}} \\
 N_{\text{flm\_mil}} &= N_{\text{ppa\_mil}} * \text{foc\_mil} * (24 - \text{tc}) / 24 * f_{\text{blm}} \\
 N_{\text{flm\_nie}} &= N_{\text{ppa\_nie}} * \text{foc\_nie} * (24 - \text{tc}) / 24 * f_{\text{blm}} \\
 N_{\text{flm\_sor}} &= N_{\text{ppa\_sor}} * \text{foc\_sor} * (24 - \text{tc}) / 24 * f_{\text{blm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{fof\_ara}} &= N_{\text{ppa\_ara}} * \text{fof\_ara} \\
 N_{\text{fof\_cot}} &= N_{\text{ppa\_cot}} * \text{fof\_cot} \\
 N_{\text{fof\_mai}} &= N_{\text{ppa\_mai}} * \text{fof\_mai} \\
 N_{\text{fof\_mil}} &= N_{\text{ppa\_mil}} * \text{fof\_mil} \\
 N_{\text{fof\_nie}} &= N_{\text{ppa\_nie}} * \text{fof\_nie} \\
 N_{\text{fof\_sor}} &= N_{\text{ppa\_sor}} * \text{fof\_sor}
 \end{aligned}$$

$$N_{\text{fof\_lm}} = N_{\text{fof\_ara}} * (f_{\text{brou\_ara}}) + (N_{\text{fof\_cot}} * (f_{\text{broucot}}) + N_{\text{fof\_mai}} * (f_{\text{brou\_mai}}) + (N_{\text{fof\_mil}} * (f_{\text{brou\_mil}}) + N_{\text{fof\_nie}} * (f_{\text{brou\_nie}}) + (N_{\text{fof\_sor}} * (f_{\text{brou\_sor}})$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{fou\_au}} &= N_{\text{fau\_ara}} + N_{\text{fau\_cot}} + N_{\text{fau\_mai}} + N_{\text{fau\_mil}} + \\
 &N_{\text{fau\_nie}} + N_{\text{fau\_sor}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Sum\_n\_fou\_au} = \text{Sum}(N_{\text{fou\_au}})$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{fum\_ara}} &= \text{fum\_ara} * q_{\text{fum\_ch}} * \text{coef\_fum\_N} * tN_{\text{fum}} / 1000 \\
 N_{\text{fum\_cot}} &= \text{fum\_cot} * q_{\text{fum\_ch}} * \text{coef\_fum\_N} * tN_{\text{fum}} / 1000 * (1 - f_{\text{en\_p}}) \\
 N_{\text{fum\_mai}} &= \text{fum\_mai} * q_{\text{fum\_ch}} * \text{coef\_fum\_N} * tN_{\text{fum}} / 1000 * (1 - f_{\text{en\_p}}) \\
 N_{\text{fum\_mil}} &= \text{fum\_mil} * q_{\text{fum\_ch}} * \text{coef\_fum\_N} * tN_{\text{fum}} / 1000 * (1 - f_{\text{en\_p}}) \\
 N_{\text{fum\_nie}} &= \text{fum\_nie} * q_{\text{fum\_ch}} * \text{coef\_fum\_N} * tN_{\text{fum}} / 1000 * \\
 N_{\text{fum\_sor}} &= \text{fum\_sor} * q_{\text{fum\_ch}} * \text{coef\_fum\_N} * tN_{\text{fum}} / 1000 * (1 - f_{\text{en\_p}})
 \end{aligned}$$

$$N_{\text{imp\_ara}} = N_{\text{eng\_ara}} + \text{coef\_fum\_N} * (N_{\text{fum\_ara}} + N_{\text{enf\_ara}} + N_{\text{fcr\_ara}} + N_{\text{fix\_ara}}) * (1 - f_{\text{en\_p}})$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{imp\_cot}} &= \text{Sum}(\text{AK32:AO32}) \\
 N_{\text{imp\_mai}} &= \text{Sum}(\text{BF32:BI32}) \\
 N_{\text{imp\_mil}} &= \text{Sum}(\text{BZ32:CC32}) \\
 N_{\text{imp\_nie}} &= \text{Sum}(\text{CT32:CX32}) \\
 N_{\text{imp\_sor}} &= \text{Sum}(\text{DO32:DR32})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{\text{lit\_ara}} &= N_{\text{ppa\_ara}} * \text{lit\_ara} \\
 N_{\text{lit\_cot}} &= N_{\text{ppa\_cot}} * \text{lit\_cot}
 \end{aligned}$$

$$N_{lit\_mai} = N_{ppa\_mai} * lit\_mai$$

$$N_{lit\_mil} = N_{ppa\_mil} * lit\_mil$$

$$N_{lit\_nie} = N_{ppa\_nie} * lit\_nie$$

$$N_{lit\_sor} = N_{ppa\_sor} * lit\_sor$$

$$N_{ppa\_ara} = ppa\_ara * (tN\_p\ ara) / 1000$$

$$N_{ppa\_cot} = ppa\_cot * (tN\_p\ cot) / 1000$$

$$N_{ppa\_mai} = ppa\_mai * (tN\_p\ mai) / 1000$$

$$N_{ppa\_mil} = ppa\_mil * (tN\_p\ mil) / 1000$$

$$N_{ppa\_nie} = ppa\_nie * (tN\_p\ nie) / 1000$$

$$N_{ppa\_sor} = ppa\_sor * (tN\_p\ sor) / 1000$$

$$N_{ppr\_ara} = ppr\_ara * (tN\_g\ ara) / 1000$$

$$N_{ppr\_cot} = ppr\_cot * (tN\_g\ cot) / 1000$$

$$N_{ppr\_mai} = ppr\_mai * (tN\_g\ mai) / 1000$$

$$N_{ppr\_mil} = ppr\_mil * (tN\_g\ mil) / 1000$$

$$N_{ppr\_nie} = ppr\_nie * (tN\_g\ nie) / 1000$$

$$N_{ppr\_sor} = ppr\_sor * (tN\_g\ sor) / 1000$$

$$N_{ref\_fer} = N_{fof\_ara} * (1 - f_{brou\ ara}) + N_{fof\_cot} * (1 - f_{brou\ cot}) + N_{fof\_mai} * (1 - f_{brou\ mai})$$

$$+ N_{fof\_mil} * (1 - f_{brou\ mil}) + N_{fof\_nie} * (1 - f_{brou\ nie}) + N_{fof\_sor} * (1 - f_{brou\ sor})$$

$$no\_ubt = nbo * boe\ ubt + nva * vac\ ubt + nov * ovi\ ubt + nca * cap\ ubt$$

### Annexe 3. Teneur en éléments nutritifs

Azote (g/kg)	arachide	coton	mais	mil	niebe	sorgho
grain	60.24	48.58	13.2	15.6	30.72	13.08
paille	15.08	12.41	5.85	3.25	24.7	3.25
Phosphore(g/kg)						
grain	3.12	8.26	1.92	2.16	3.6	13.56
paille	1.3	1.53	0.26	0.39	1.43	0.26
Potassium (g/kg)						
grain	12	18.94	3	3.6	18.84	3
paille	4.42	18.87	10.4	13	14.3	7.8

**Teneur des engrais en nutriments (fraction)**

	N	P	K
Complexe coton	0.14	0.096	0.1
Complexe céréale	0.14	0.096	0.1
Urée	0.46	0	0

**Conversion en UBT**

Boeuf	= 1
Vache	= 0.7
Ovin	= 0.1
Caprin	= 0.1

**Annexe 4. Model Util\_res**

Let pay = 259 ! Numéro de suivi du paysan

Let Ncult = 6 ! Nombre de cultures (1=ara, 2=cot, 3=mai,4=mil, 5=nie, 6=sor)

Let Nact = 27 ! Nombre de formes d'utilisation des résidus

Let Nfer = 4 ! Nombre de fertilisants (1=N, 2=P, 3=K, 4=mat org)

Let Npaysan = 269 ! Nombre de paysan parmi lesquels un est choisi

Let Nutr = 5 ! Nombre d'utilisations des résidus (1=bru, 2=enf, 3=lit, 4=fof, 5=foc)

Let Prixmo = 600 ! Prix de la main d'oeuvre (Fcfa/hj)

**Variables**

x(Nact) ! Quantité par type d'utilisation de résidu (kg)

quilt(Ncult, Nutr) ! Quantité de residu par culture et par type d'utilisation (kg)

Revenu ! Valeur monétaire des fertilisants, des fourrages, moins les frais de main d'oeuvre

Revfer ! Valeur monétaire des fertilisants

Revfou ! Valeur monétaire des fourrages

Coutmdo ! Valeur de main utilisée

Pfer(Nfer) ! Production de fertilisants (NPK)

Pfou ! Production de fourrage (kg)

Prodmo ! Production de mat. org. (kg)

Bmdo ! Main d'oeuvre utilisée (hj)

Qfouval(Ncult) ! Quantité de fourrage valorisé (limité par cheptel présent) (kg)

## **Tables**

utr1\_oum(Nact)

utr2\_oum(Nact)

fr1\_oum(Nact)

fr2\_oum(Nact)

pri\_fer(Nfer)

pri\_fou(Ncult)

Yfer(Nact,Nfer)

Yfou(Nact)

Imdof(Nact)

Imdotr(Nact)

Dres(Npaysan,Ncult)

Deqp(Npaysan)

Dmdo(Npaysan)

Danm(Npaysan)

dist(Npaysan,Ncult)

cult\_oum(Nact)

## **DISKDATA**

Yfer = \usr\oumar\yfer.dat

Yfou = \usr\oumar\yfou.dat

pri\_fer = \usr\oumar\pri\_fou.dat

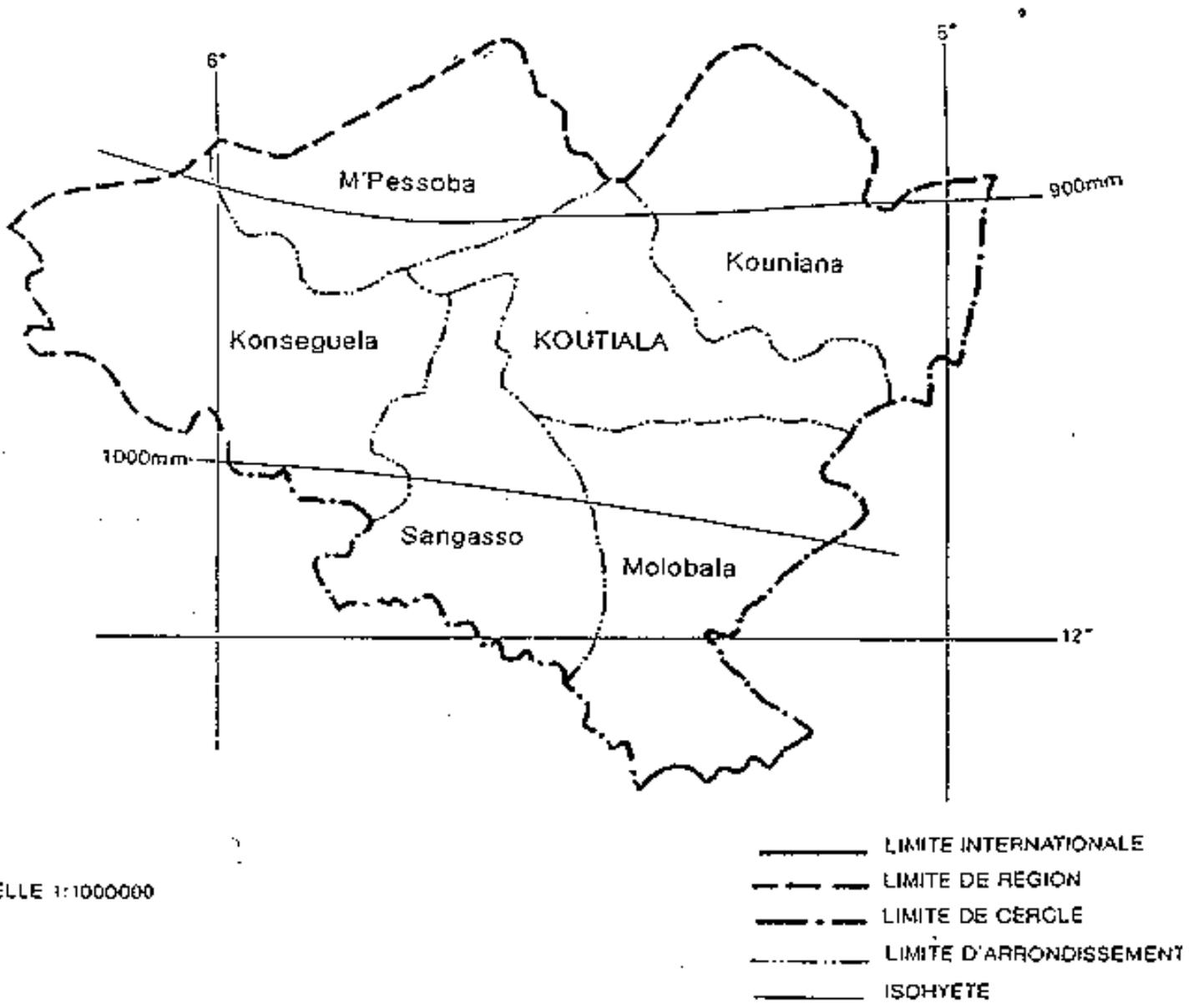
Imdo = \usr\oumar\Imdof.dat

Imdotr = \usr\oumar\Imdotr.dat

Dresr = \usr\oumar\Dres.dat

Deqp = \usr\oumar\eqp.dat

# Carte du cercle de Koutiala



ECHELLE 1:1000000

## Evolution des rendements des principales cultures

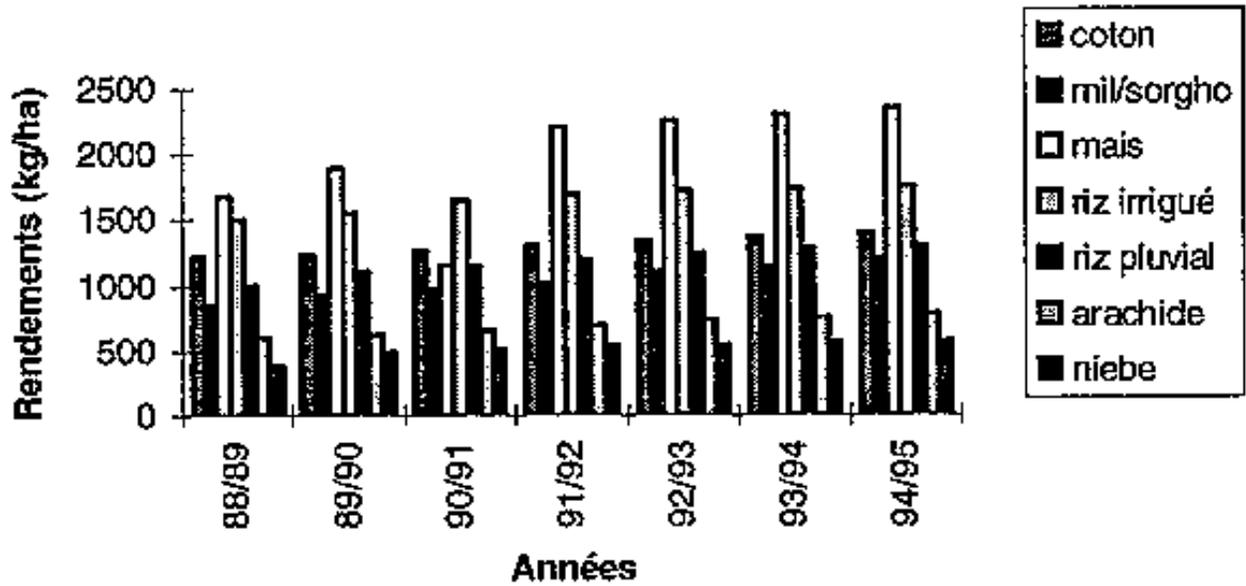


Figure 1. Evolution des rendements des principales cultures.

Fig 2: Utilisation des résidus de récolte

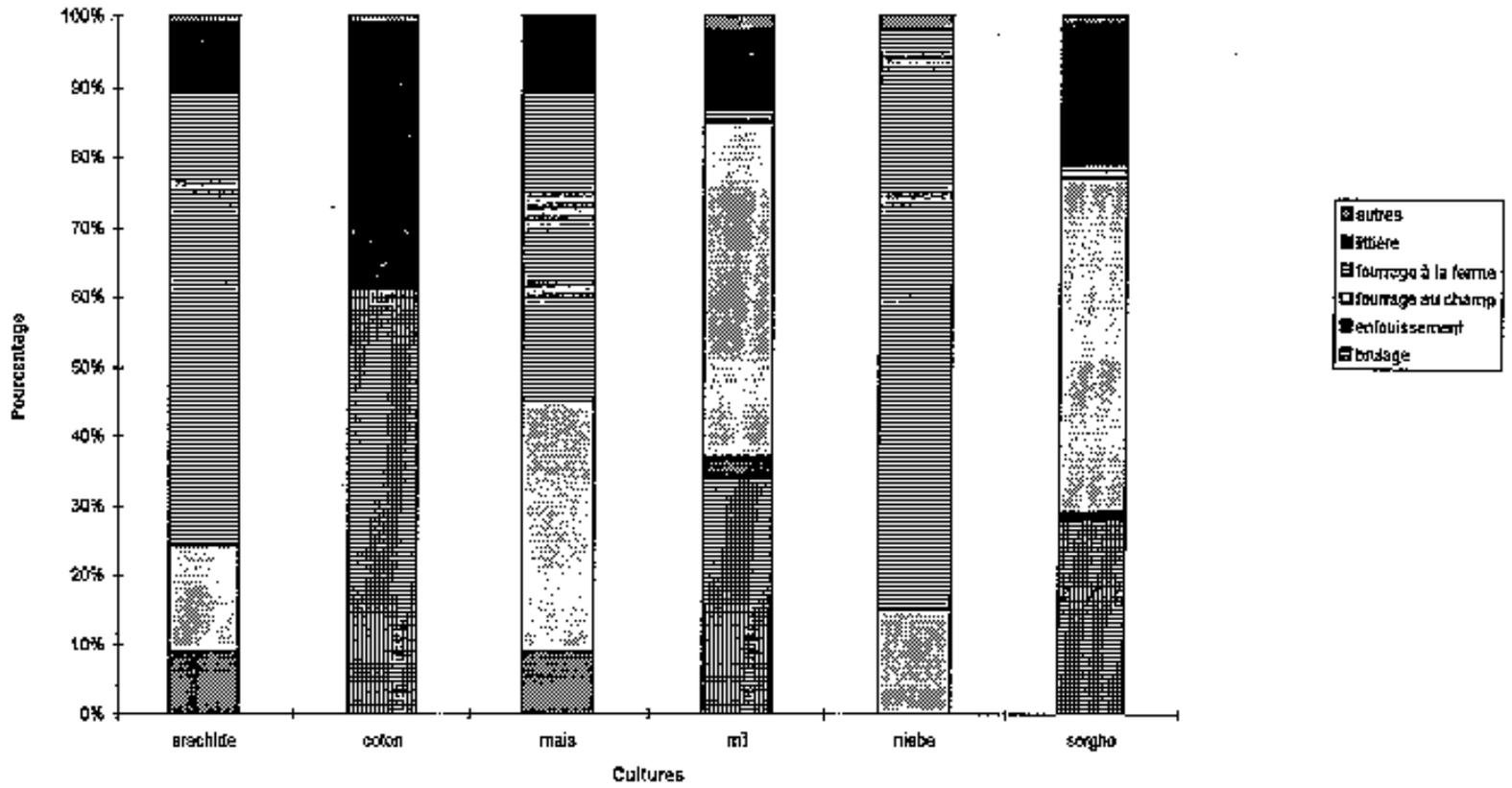
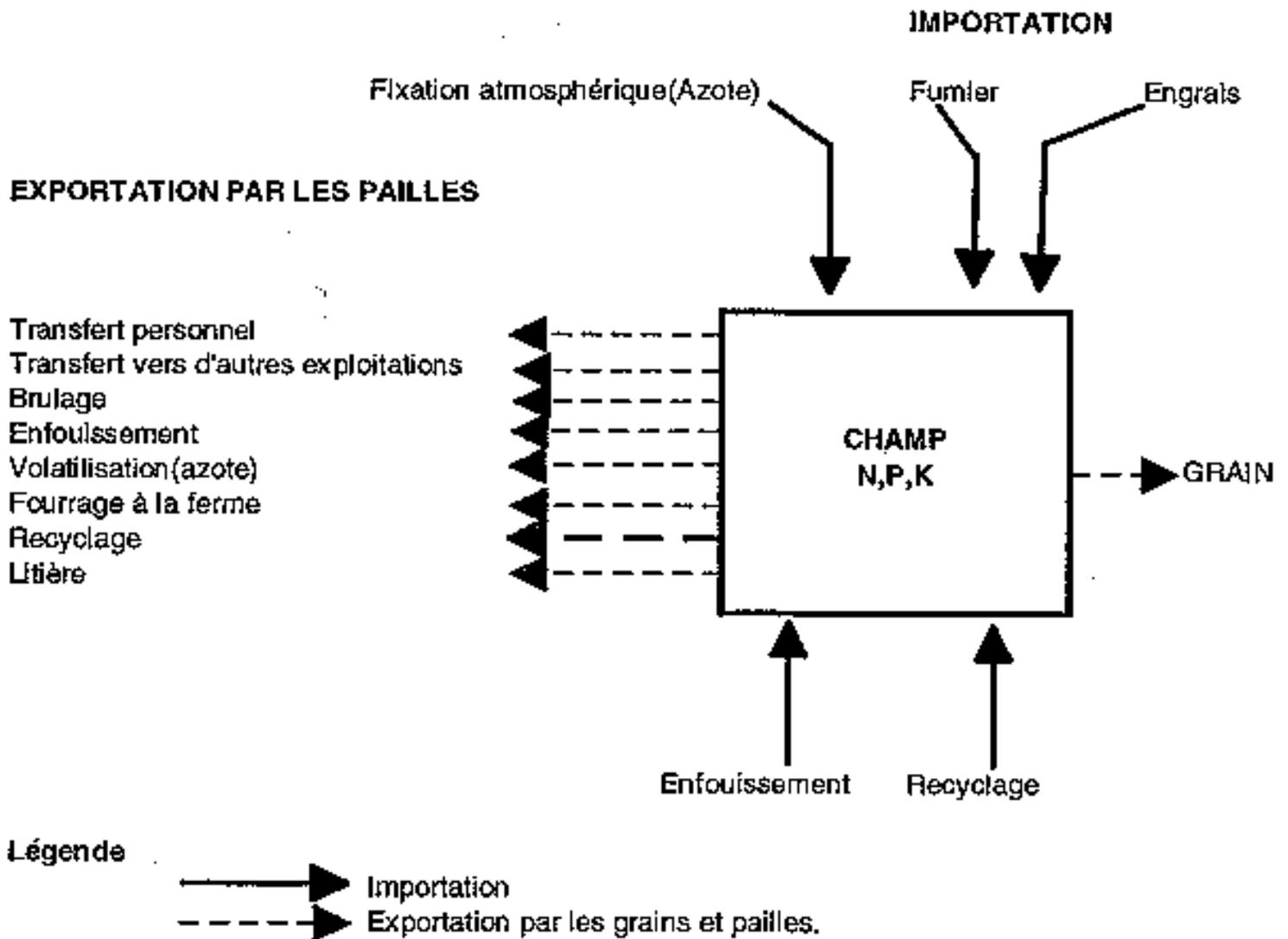
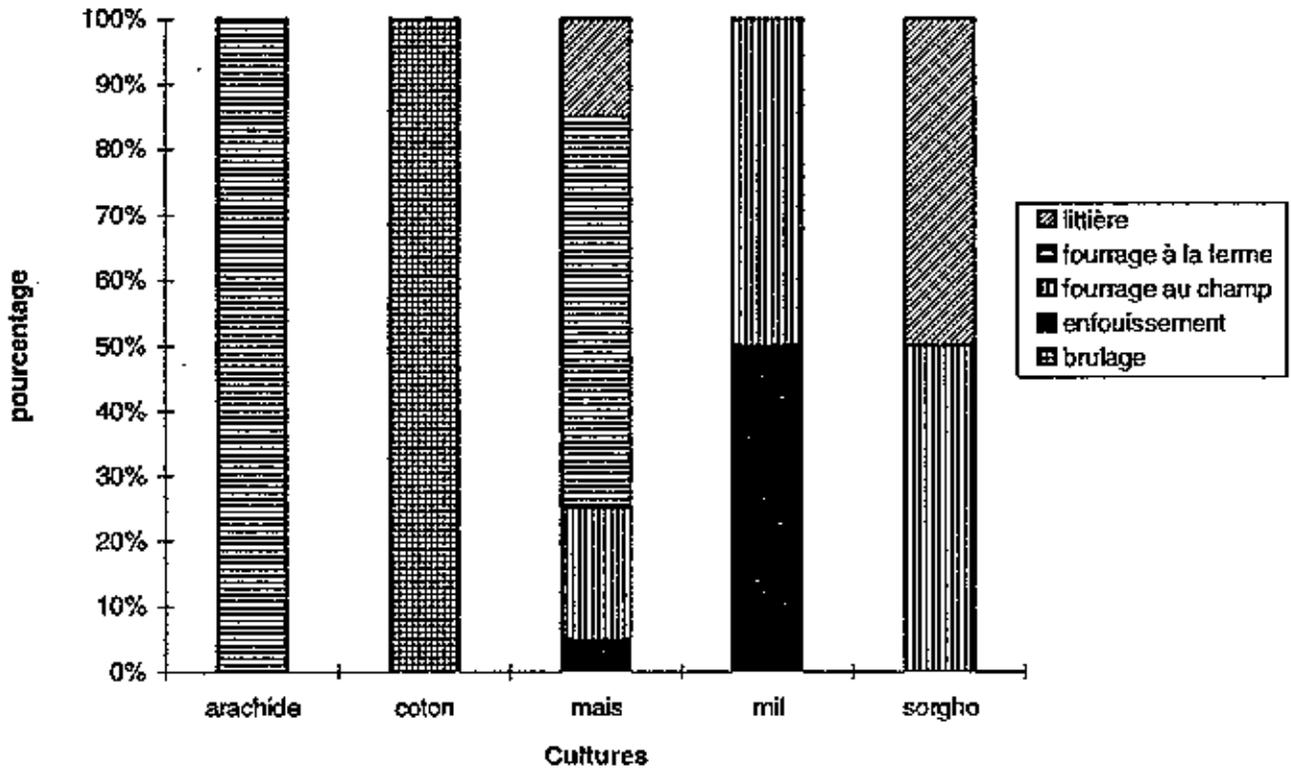


Schéma 1: Flux des nutriments au champ.



### Utilisation des résidus de récolte par le paysan 1.



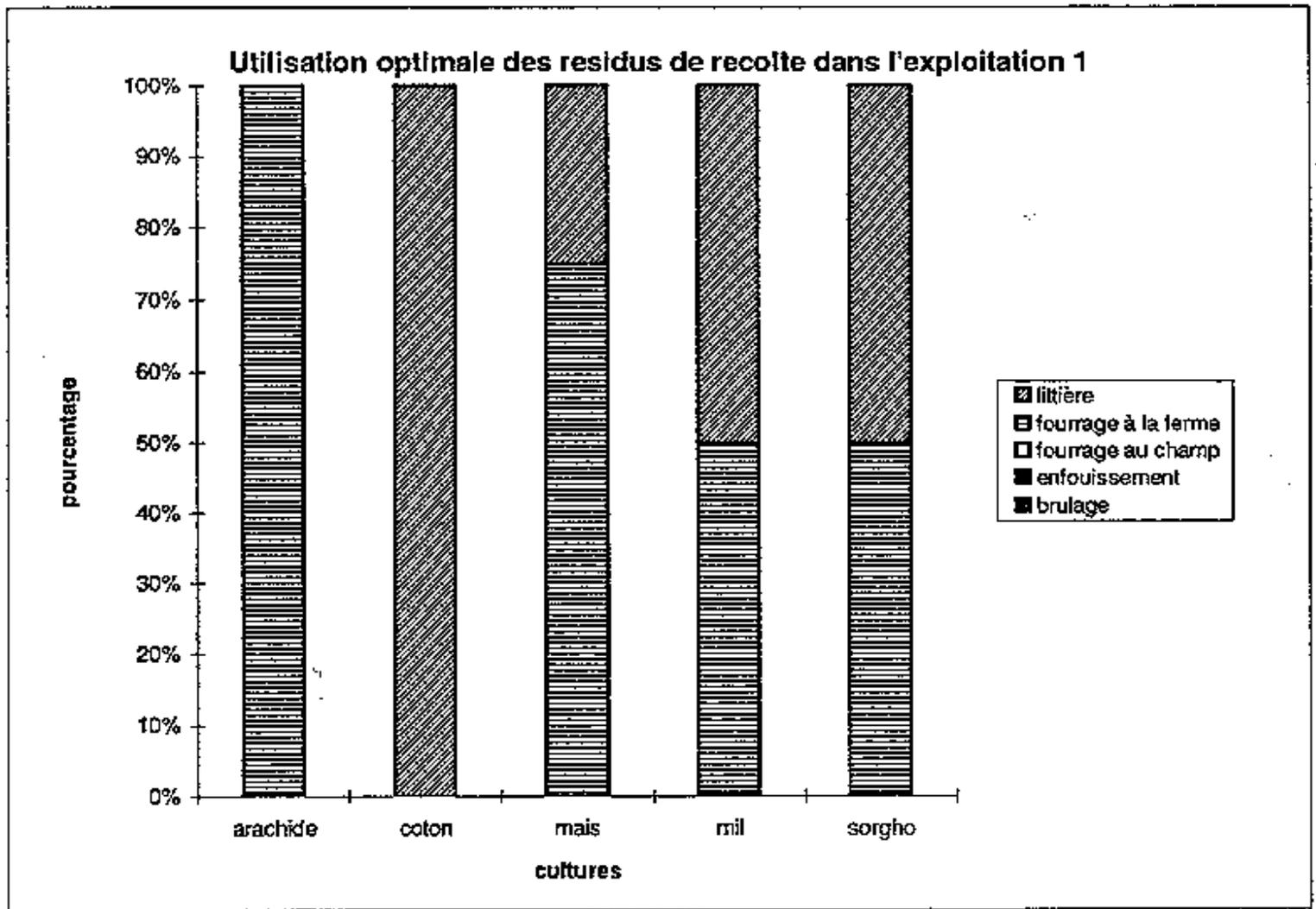
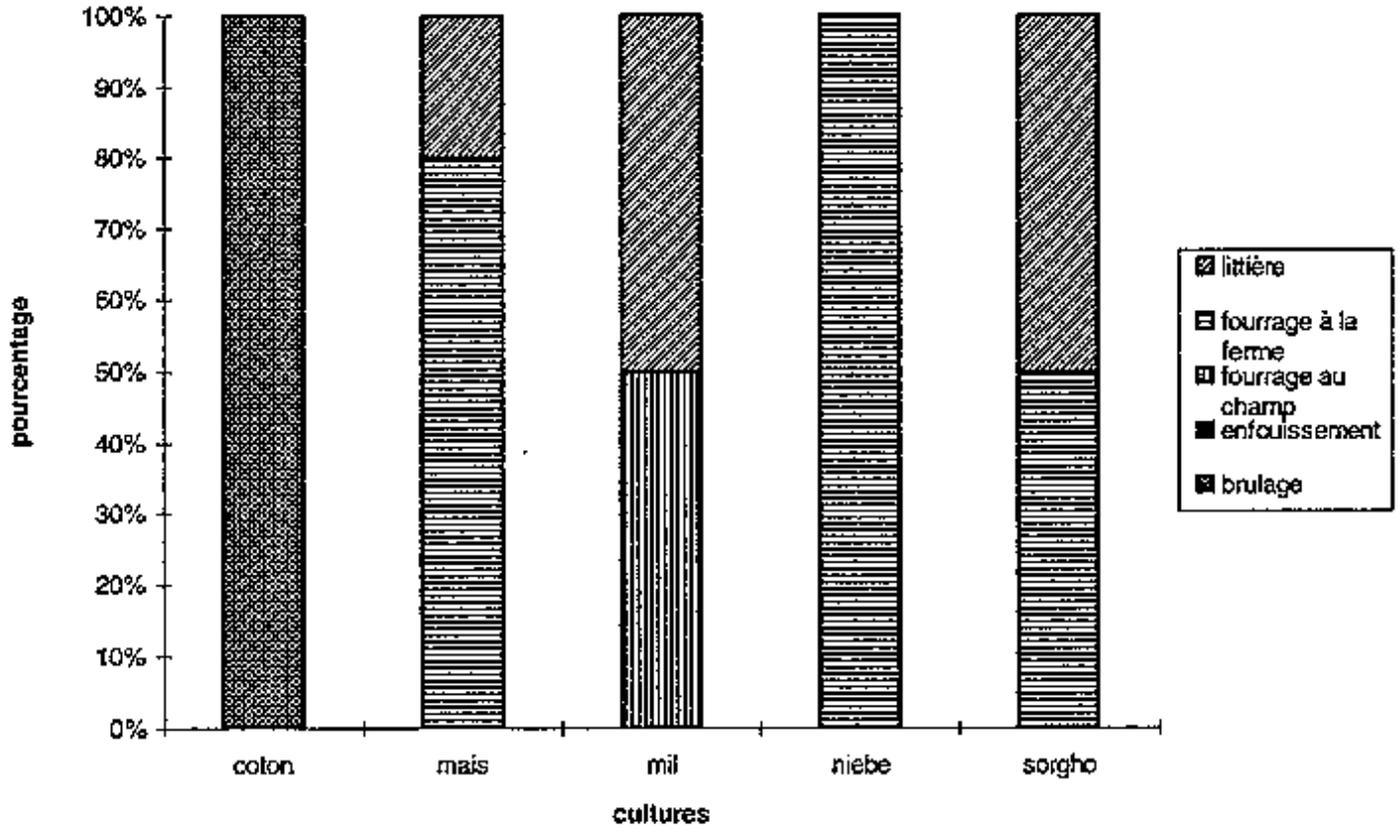


Figure 3. Utilisation des résidus de récolte par le paysan 1 et Utilisation optimal des résidus de récolte dans l'exploitation 1.

### Utilisation des residus de recolte par le paysan 2



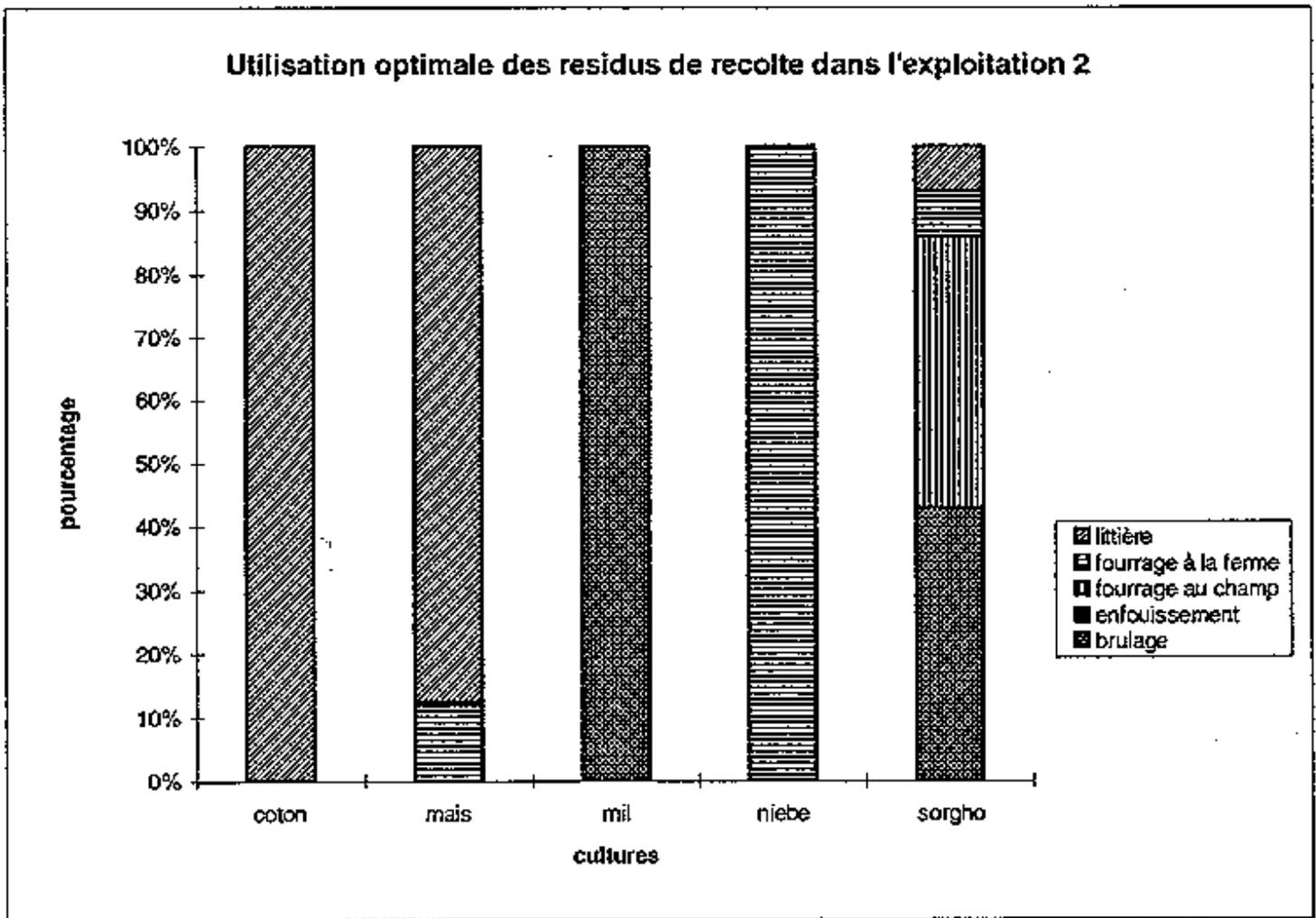
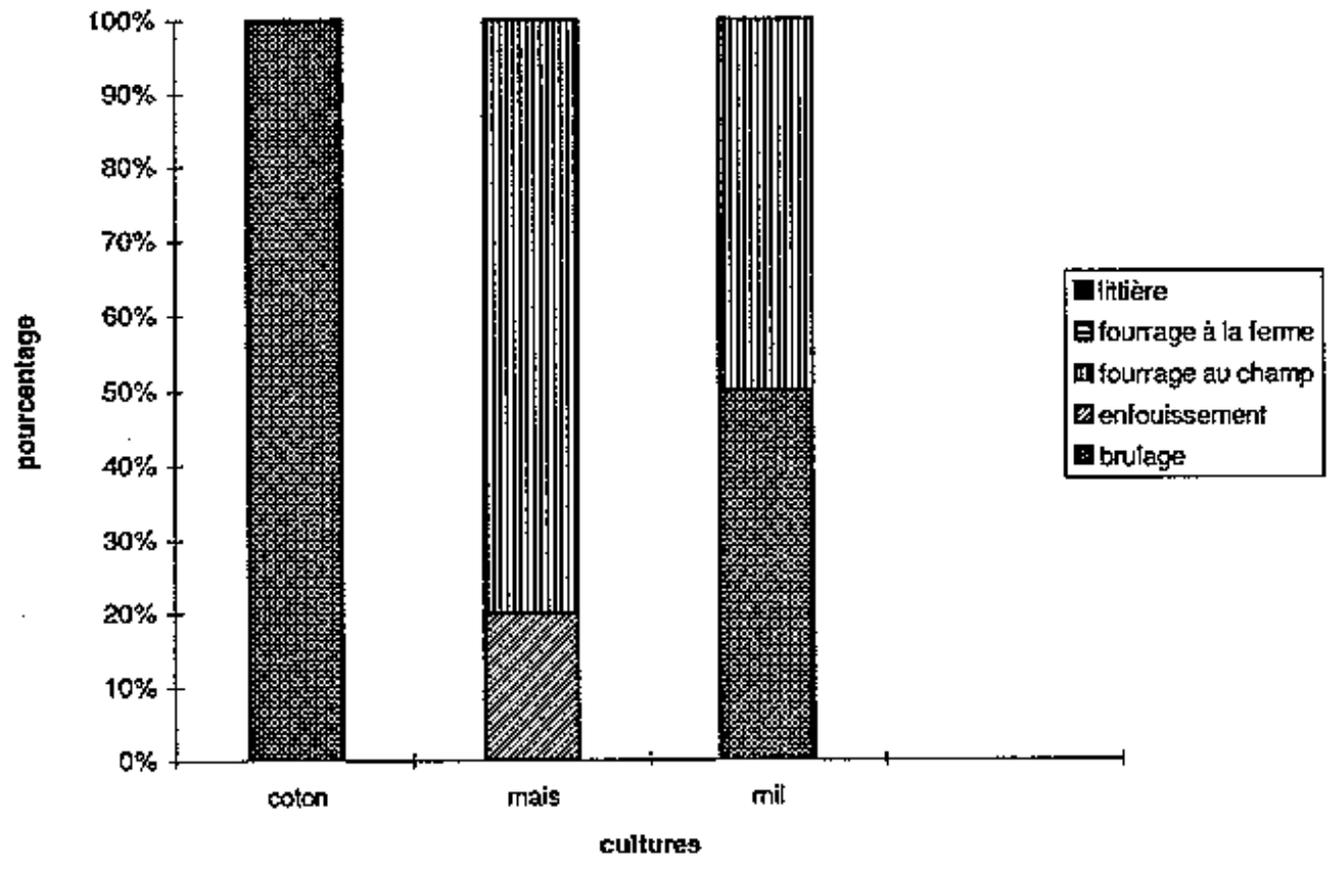


Figure 4. Utilisation des résidus de récolte par le paysan 2 et Utilisation optimal des résidus de récolte dans l'exploitation 2.

### Utilisation des résidus de récolte par le paysan 3



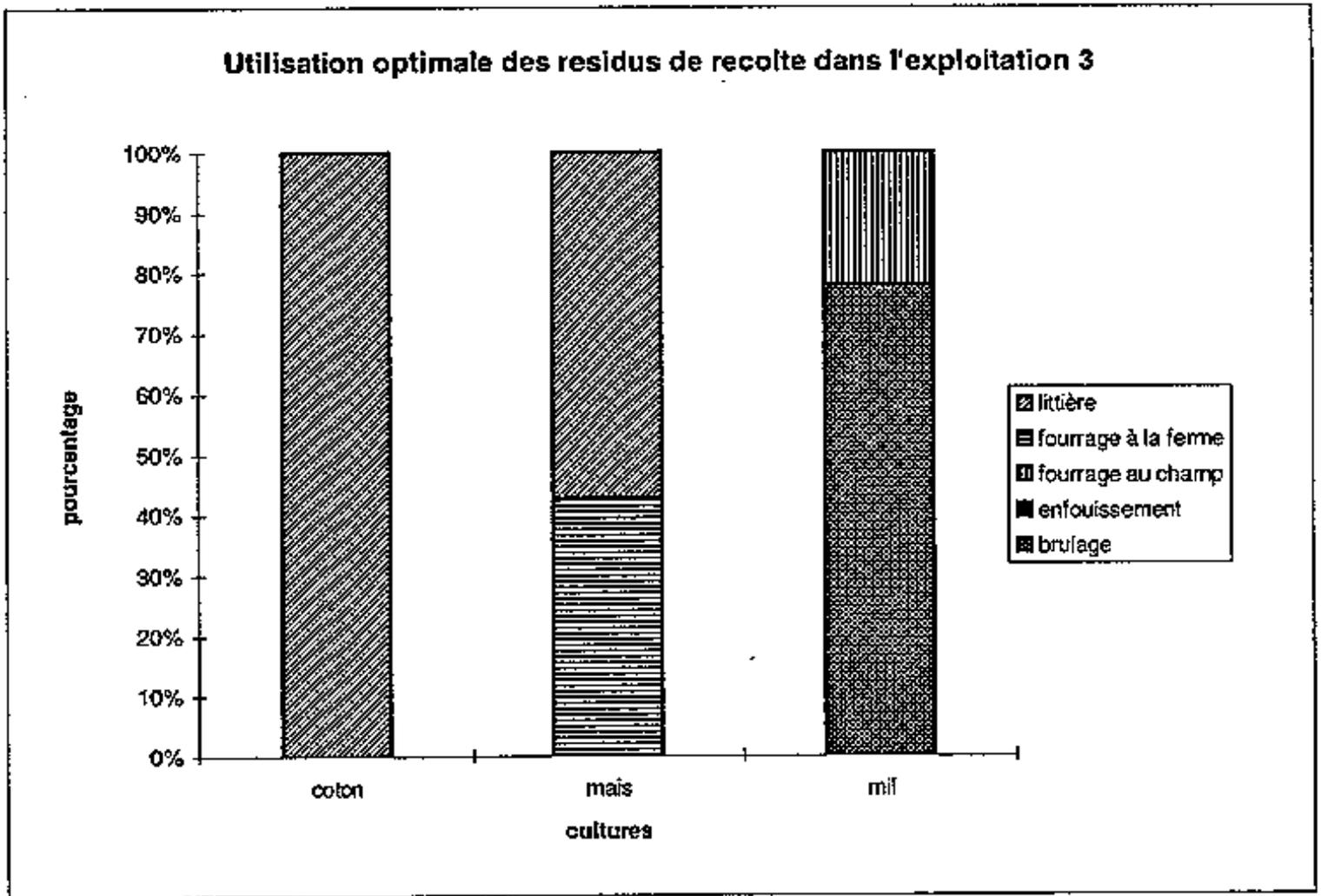


Figure 5. Utilisation des residus de recolte par le paysan 3 et Utilisation optimal des residus de recolte dans l'exploitation 3