

BURKINA FASO  
UNITE-PROGRES-JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,  
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

-----  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

-----  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



## MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

*en vue de l'obtention du*

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : Agronomie

***Thème : Analyse de la production et de l'utilisation de la  
biomasse du maïs et du coton en zone ouest du Burkina Faso :  
Cas de Koumbia et de Kourouma.***

Présenté par :

SEMPORE Aristide Wendyam

Maître de stage : Dr Nadine ANDRIEU, Agronome, CIRDES

Directeur de mémoire : Dr Bernard BACYE, Enseignant-chercheur à l'IDR/UPB

N° :.....-2008 AGRO

JUIN 2008

# TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	i
DÉDICACE .....	iii
REMERCIEMENTS .....	iv
SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vii
RÉSUMÉ .....	viii
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	3
I. DIAGNOSTIC AGRONOMIQUE.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2. Facteurs influençant le rendement du maïs.....	3
I.3. Facteurs influençant le rendement du coton.....	5
II. MODES DE GESTION DE LA FERTILITÉ DU SOL.....	7
II.1. Concept global de fertilité .....	7
II.2. Flux de biomasse à l'échelle de l'exploitation et gestion de la fertilité des sols..	8
CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	11
I. ZONE D'ÉTUDE.....	11
I.1. Présentation du village de Koumbia.....	11
I.1.4.1. Agriculture .....	12
I.1.4.2. Elevage.....	12
I.2. Présentation du village de Kourouma .....	13
I.2.4.1. Agriculture .....	14
I.2.4.2. Elevage.....	14
II. MÉTHODOLOGIE .....	15
II.1. Caractérisation des facteurs limitant la production de biomasse du maïs et du coton .....	15
II.1.1.1. Choix des parcelles.....	15
II.2. Caractérisation des modes de gestion de la biomasse durant la saison sèche et fertilité.....	17
II.2.2.1. Les dispositifs de suivis de saison sèche .....	18
II.2.2.2. Les mesures .....	18
II.2.2.3. Les enquêtes.....	19
II.2.2.4. Etablissement des bilans minéraux apparents .....	19
II.1.4.1. Formulation des données.....	22
II.1.4.2. Analyse des liaisons entre variables et parcelles .....	22

<b>CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS .....</b>	<b>23</b>
<b>I. ANALYSE DES FACTEURS LIMITANT LA PRODUCTION DE BIOMASSE ÉPIGÉE DU MAÏS ET DU COTON.....</b>	<b>23</b>
<b>I.1. Analyse de la production de biomasse épigée de maïs .....</b>	<b>23</b>
<b>I.1.1.1. Itinéraire technique sur les parcelles de maïs (Koumbia) .....</b>	<b>23</b>
<b>I.1.1.2. Analyse des pratiques sur la production du maïs (Koumbia).....</b>	<b>25</b>
<b>I.1.1.3 Discussion.....</b>	<b>27</b>
<b>I.1.2.1. Itinéraire technique sur les parcelles de maïs (Kourouma).....</b>	<b>28</b>
<b>I.1.2.2. Analyse des pratiques sur le rendement du maïs (Kourouma).....</b>	<b>31</b>
<b>I.1.2.3. Discussion.....</b>	<b>33</b>
<b>I.2. Analyse de la production de la biomasse épigée du cotonnier (Koumbia).....</b>	<b>35</b>
<b>I.2.1.1. Itinéraire technique sur les parcelles de cotonnier (Koumbia).....</b>	<b>35</b>
<b>I.2.1.2. Analyse des pratiques sur le rendement du cotonnier (Koumbia) .....</b>	<b>37</b>
<b>I.2.1.3. Discussion .....</b>	<b>39</b>
<b>I.2.2.1. Itinéraire technique sur les parcelles de cotonnier (Kourouma) .....</b>	<b>40</b>
<b>I.2.2.2. Analyse des pratiques sur le rendement du cotonnier à Kourouma .....</b>	<b>41</b>
<b>I.2.2.3. Discussion .....</b>	<b>43</b>
<b>II. MODES DE GESTION DE LA BIOMASSE À L'ÉCHELLE DE L'EXPLOITATION ET BILANS MINÉRAUX.....</b>	<b>45</b>
<b>II.1. Modes de gestion de la biomasse à l'échelle de l'exploitation.....</b>	<b>45</b>
<b>II.2. Bilan minéral apparent des différents modes de gestion de la biomasse.....</b>	<b>51</b>
<b>II.2.1.1. Evolution quantitative des résidus de maïs sur les parcelles .....</b>	<b>52</b>
<b>II.2.1.2. Autres biomasses végétales et animales présentes sur les parcelles de maïs ..</b>	<b>52</b>
<b>II.2.1.3. Discussion .....</b>	<b>53</b>
<b>III.3. Conclusion partielle.....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>61</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>i</b>
<b>Annexe 1. Carte simplifiée des villages de Koumbia et Waly</b>	
<b>Annexe 2. Carte à l'échelle 1/1 000 000 de Kourouma</b>	
<b>Annexe 3. Guide d'entretien</b>	
<b>Annexe 4. Formulation des données qualitatives en données quantitatives pour l'AFC</b>	

## DÉDICACE

*Je dédie ce travail :*

*à la mémoire de Bakary DAHO, étudiant stagiaire en DEA au Centre International de Recherche-Développement en Zone Sub-humide (CIRDES), décédé le 14 septembre 2007 alors que nous débutions notre stage au sein de cette structure.*

*Puisse son âme trouver grâce auprès de DIEU.*

*à mes parents Jean Pierre SEMPORE et Rosalie OUEDRAOGO.*

*Que DIEU vous protège !*

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au sein de l'Unité de Recherche sur les Productions Animales (URPAN) du Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES). Sa réalisation a été possible grâce au soutien multiforme de plusieurs personnes. Nous voudrions leur exprimer ici toute notre gratitude.

Nos sincères remerciements s'adressent particulièrement au :

- Pr. Abdoulaye S. GOURO, Directeur Général du Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide pour l'accueil au sein de son établissement;
- Dr. Augustin B. KANWE, Chef de l'URPAN, pour ses encouragements et ses conseils;
- Dr. Bernard BACYE, Enseignant-chercheur à l'IDR, notre directeur de mémoire pour sa totale disponibilité et ses conseils reçus tout au long du stage ;
- Dr. Nadine ANDRIEU, Chercheur agronome au CIRAD mise à la disposition du CIRDES, notre maître de stage, pour sa disponibilité constante au cours des travaux de terrain et la rédaction de ce mémoire. Sa contribution à la réussite de notre étude est inestimable ;
- aux Dr. Patrick DUGUE (Chercheur au CIRAD) et Dr. Eric VALL (Chercheur zootechnicien au CIRAD mis à la disposition du CIRDES) pour avoir lu la version provisoire du présent mémoire tout en l'accompagnant de critiques pertinents;
- à M. Innocent BAYALA et M. Amadou M. DIALLO du CIRDES pour leurs aides constante et échanges constructifs durant le stage;
- au corps professoral de l'IDR, pour l'inestimable contribution à notre formation durant ces trois dernières années académiques;
- au personnel du CIRDES, pour sa franche coopération durant le stage;
- aux guides (Ousmane, Arouna) et producteurs des villages de Kourouma, Koumbia pour leurs aides précieuses et pour nous avoir permis de travailler dans leurs parcelles ;
- aux familles SEMPORE et BERE, pour leurs encouragements et soutien de tout genre ;
- à M. Zoumana TOU et Mlle Noémie SCHALLER co-stagiaires au CIRDES pour leur franche collaboration tout au long du stage;
- aux collègues de la 33<sup>ième</sup> promotion de l'IDR, pour leur esprit fraternel;
- aux aînés de l'IDR, et amis, pour les encouragements, le soutien et les moments forts passés ensemble;

Enfin à tous ceux dont les noms n'apparaissent pas ici. Je leur exprime ma plus grande reconnaissance.

## **SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

**BAFRENAH** : Bureau Africain d'Ingénieur-conseil en Gestion des Ressources Naturelles et Humaines

**CIRAD** : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement

**CIRDES** : Centre International de Recherche-développement sur l'Élevage en zone Subhumide

**DGPSA** : Direction Générale de la Prévision et des Statistiques Agricoles

**FAO**: Food and Agriculture Organisation of the United Nations

**GPC** : Groupement de Producteurs de Coton

**GRET** : Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques

**INERA** : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

**INSD** : Institut National de la Statistique et de la Démographie

**MAHRH** : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

**PIB** : Produit Intérieur Brut

**RAP** : Recherche Action en Partenariat

**SOFITEX** : Société Burkinabé de Fibre- textiles

**URPAN** : Unité de Recherche sur les Productions Animales

**MS** : Matière sèche

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques physiques et humaines de Koumbia .....	11
Tableau II : Caractéristiques physiques et humaines de Kourouma .....	13
Tableau III : Estimation du cheptel bovin de Kourouma en 1993 et 2003 .....	14
Tableau IV : Nombre de parcelles de cultures suivies en fonction des villages .....	16
Tableau V : Composition chimique en % de terre de parc, de fumier et compost.....	20
Tableau VI: Exportations minérales des récoltes (Kg/ha/tonne de produit récolté).....	21
Tableau VII : Itinéraire technique des parcelles de maïs à Koumbia.....	24
Tableau VIII: Statistiques simples de la production du maïs à Koumbia.....	25
Tableau IX: Itinéraire technique des parcelles de maïs à Kourouma .....	30
Tableau X: Statistiques simples de la production de maïs à Kourouma .....	31
Tableau XI: Itinéraire technique des parcelles de coton à Koumbia.....	36
Tableau XII: Statistiques simples de la production de coton à Koumbia .....	37
Tableau XIII: Itinéraire technique des parcelles de coton à Kourouma.....	41
Tableau XIV: Statistiques simples de la production du coton à Kourouma .....	41
Tableau XV: Caractéristiques de 12 exploitations enquêtées dans les villages de Koumbia et Kourouma.....	46
Tableau XVI: Quantités de fèces et d'adventices sur les parcelles durant la saison sèche .....	53
Tableau XVII: Bilans apparents prévisionnels pour la campagne 2008 (sole maïs) .....	54

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 : Pluviométrie décadaire (en mm) de Koumbia de 2007</b> .....	17
<b>Figure 2 : Pluviométrie décadaire (en mm) de Kourouma de 2007</b> .....	17
<b>Figure 3 : Production de maïs grain en fonction des parcelles (Koumbia)</b> .....	25
<b>Figure 4 : Production de maïs paille en fonction des parcelles (Koumbia)</b> .....	26
<b>Figure 5 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de maïs et variables caractérisant l'itinéraire technique (Koumbia)</b> .....	27
<b>Figure 6 : Production de maïs grain en fonction des parcelles (Kourouma)</b> .....	31
<b>Figure 7 : Production de maïs paille en fonction des parcelles (Kourouma)</b> .....	32
<b>Figure 8 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de maïs et variables caractérisant l'itinéraire technique (Kourouma)</b> .....	33
<b>Figure 9 : Production de coton graine en fonction des parcelles (Koumbia)</b> .....	37
<b>Figure 10 : Production de coton tiges en fonction des parcelles (Koumbia)</b> .....	38
<b>Figure 11 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de coton et variables caractérisant l'itinéraire technique (Koumbia)</b> .....	39
<b>Figure 12 : Production de coton graine en fonction des parcelles (Kourouma)</b> .....	42
<b>Figure 13 : Production de coton tiges en fonction des parcelles (Kourouma)</b> .....	42
<b>Figure 14 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de coton et variables caractérisant l'itinéraire technique (Kourouma)</b> .....	43
<b>Figure 15: Gestion duale de la biomasse</b> .....	48
<b>Figure 16: Gestion duale de la biomasse avec existence de parcage</b> .....	49
<b>Figure 17 : Evolution quantitative de la biomasse de maïs sur les parcelles de Kourouma et Koumbia durant la saison sèche</b> .....	52



## RÉSUMÉ

Compte tenu des contraintes croissantes pesants sur les exploitations agricoles et l'organisation des pratiques productives, l'étude avait pour but de caractériser l'impact des modes de conduites des producteurs sur la production de biomasse agricole du maïs, du coton en saison des pluies, son utilisation en saison sèche et son impact sur les bilans de fertilité des parcelles. Elle s'est déroulée en zone cotonnière Ouest Burkinabé dans les villages de Koumbia et Kourouma. Dans un premier temps, l'étude a porté sur des suivis agronomiques en saison hivernale de 40 parcelles afin de caractériser l'impact des pratiques sur l'élaboration de la biomasse. Dans un second temps, elle a consisté en des enquêtes d'exploitations (12 exploitations) afin de caractériser les différents modes de gestion de la biomasse par les producteurs et des suivis de l'évolution de la biomasse sur 15 parcelles de maïs en saison sèche afin de calculer les bilans minéraux. Les résultats obtenus ont montré que la mise en place tardive des cultures a occasionné des productions nulles de maïs grain et coton graine dans le village de Koumbia. Au niveau des deux villages, la production de maïs grain a varié en fonction de la densité de semis. Par ailleurs, à Kourouma une production de plus de 5 t/ha de maïs grain a été réalisée grâce à un épandage raisonné de la fumure organique et un apport efficient du NPK sur la parcelle. Dans ce village, la production de coton graine a été aussi influencée par les doses de fumure organique et minérale. Les types de sols, l'installation tardive de la pluviométrie et les différentes poches de sécheresses survenues à Koumbia ont occasionné une différence de production de coton graine et maïs grain respectivement de 1 t/ha et 2,3 t/ha entre Kourouma et Koumbia. De l'étude de la gestion de la biomasse à l'échelle de l'exploitation il ressort, en fonction de la taille du troupeau et de la pratique du parcage deux modes : la gestion duale et celle duale avec existence de parcage. La biomasse sert d'une part à l'alimentation du bétail, et d'autre part au maintien de la fertilité des terres. Sur les parcelles de maïs, la réduction des résidus liée essentiellement au prélèvement par le bétail en début de saison sèche est de 46% et de 78% respectivement à Kourouma et Koumbia. Les bilans minéraux apparents estimés sur les parcelles où le parcage n'a pas été pratiqué sont négatifs et positifs sur celles où le parcage a existé. Malgré certaines limites de l'étude (taille de l'échantillon, absences d'analyses chimiques,...), elle a permis de mettre en évidence les types de pratique des producteurs qui influencent la production, l'utilisation de la biomasse et sur des pistes pour améliorer la productivité des exploitations agricoles.

**Mots clés** : modes de gestion, production, maïs, coton, flux de la biomasse, bilan minéral, zone Ouest, Burkina Faso.

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'agriculture burkinabé occupe une place prépondérante dans l'économie nationale. En effet, elle contribue à environ 40% à la formation du Produit intérieur brut (PIB) et occupe 88 à 90% de la population totale (Chambre de Commerce, 2006). Cette agriculture, à l'instar de celles des autres pays de la zone cotonnière de l'Afrique de l'Ouest, est caractérisée cependant par une faible productivité à cause de la forte variabilité climatique, de la faible fertilité des sols, aggravée par la pratique d'une agriculture de type « minière ». Par ailleurs, l'ouverture croissante du monde rural sur une économie de marché expose cette agriculture à la concurrence de pays à plus forte productivité et à la fluctuation des cours mondiaux (SEGDA, 1994).

En effet, la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie et le caractère très aléatoire entre l'arrivée des pluies en début de saison hivernale et les dates des premières pluies utiles de semis, constituent une entrave à l'agriculture (DANCETTE, 1984 ; SOME, 1989).

De même, le faible niveau de fertilité des sols est aussi l'une des contraintes qui limite la production agricole. Autrefois le système de gestion des terres agricoles au Burkina Faso consistait en une alternance des cultures extensives pendant 3 à 5 ans et une mise en jachère sur une longue période d'au moins 10 ans (PIERI, 1989 ; SEDOGO, 1993 ; BACYE, 1993). Cette pratique favorisait le maintien de la fertilité des sols. De nos jours, la forte pression démographique (augmentation annuelle de 2,4% d'après INSD, 2007) sur les terres a fait que ce système de gestion traditionnelle tend à disparaître favorisant ainsi l'augmentation des surfaces cultivées au détriment des aires de pâture.

Malgré cette extension des terres emblavées, les résidus de récoltes demeurent insuffisants pour l'entretien des effectifs croissants d'animaux ayant pour conséquence une production de fumure insuffisante pour maintenir le potentiel productif des sols cultivés (SANCOULEY, 1989 ; BERGER, 1996).

Face à cette situation, accentuée par la baisse du prix du coton chaque année depuis 2004 et l'augmentation des prix des intrants, nous assistons en zone cotonnière à une modification des modes de conduite des cultures durant la saison des pluies et une modification des modes de gestion de cette biomasse durant la saison sèche. D'où l'intérêt de mener des investigations

sur les modes de conduites des parcelles et sur la gestion de la biomasse agricole à l'échelle de l'exploitation.

La présente étude menée dans la partie Ouest burkinabé s'inscrit dans un cadre général de gestion durable des systèmes de production coton-céréales-élevage basée sur une implication de tous les acteurs du développement rural (producteurs, techniciens et chercheurs).

Nous avons dégagé deux hypothèses à partir des observations :

- les modes de conduites sont les principaux facteurs explicatifs des variations de production de biomasse entre producteurs ;
- les modes de gestion de cette biomasse produite sont distincts entre producteurs et se traduisent par des bilans de fertilité contrastés.

L'objectif global visé par cette étude sera de caractériser l'impact des modes de conduites des producteurs sur la production de biomasse agricole en saison des pluies, son utilisation en saison sèche et sur les bilans de fertilité des parcelles.

De façon spécifique il s'agira :

- de quantifier l'élaboration de la biomasse végétale épigée en saison des pluies en mettant en évidence l'impact de la diversité des modes de conduite (diversité des dates de semis, des dates et doses d'apports de fertilisants, des dates et fréquences d'entretiens culturaux,...) en milieu paysan (nous nous intéresserons plus spécifiquement au maïs et au coton qui sont en zone cotonnière les principales sources de production de la biomasse agricole) ;
- d'analyser les modes de gestion de la biomasse en saison sèche en mettant l'accent sur leur impact en termes de bilans de fertilité des parcelles.

Le présent mémoire s'articule autour de trois grands chapitres : le premier chapitre est consacré à une revue de la littérature, le second chapitre présente les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de l'étude, et enfin le troisième chapitre concerne les résultats obtenus suivis des discussions et des suggestions.

# CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

S'imprégner du concept de diagnostic agronomique, faire le point en matière de facteurs limitant le rendement des cultures (maïs, coton) et en matière de gestion de la fertilité dans notre pays et ailleurs, tels sont les buts recherchés dans cette partie. Dans les pages suivantes nous présenterons, à la suite d'une brève description du diagnostic agronomique, la synthèse bibliographique sur les facteurs occasionnant une baisse de production et sur les modes de gestion de la fertilité des sols.

## I. DIAGNOSTIC AGRONOMIQUE

### I.1. Définition

Par diagnostic agronomique, on entend une évaluation du fonctionnement d'un champ cultivé, considéré comme la combinaison d'un système biophysique et d'un système technique, par rapport à une performance recherchée (DORE *et al.*, 2006). Lors d'un diagnostic, l'intérêt est d'analyser la façon dont le rendement a été obtenu, de comprendre ce qui s'est passé sur la parcelle durant la culture en dissociant l'impact respectif des pratiques et des facteurs de l'environnement pédoclimatique. Le diagnostic agronomique constitue la base de l'amélioration des systèmes de culture, car il permet d'identifier les principaux facteurs limitant les performances et donc de repérer par là les choix techniques permettant de les lever. L'analyse des facteurs limitants nécessite d'une part une bonne connaissance de la plante considérée, de ses besoins et du processus d'élaboration du rendement et d'autre part, un suivi de la culture et des états du milieu en fonction des techniques appliquées.

### I.2. Facteurs influençant le rendement du maïs

#### I.2.1. Variation du rendement selon le contexte pédoclimatique

La zone soudano-sahélienne est caractérisée par des sols de type ferrugineux tropicaux (PIERI 1989). Ces sols sont sensibles à l'érosion et à l'acidification. D'après BERGER *et al.* (1985) cités par DAKOUO (1994), 10 % des sols de la zone cotonnière ont un pH inférieur à 5 ; 60 % l'ont entre 5 - 6 et pour 30 %, il se situe au-delà de 6. On est donc en présence de sols relativement acides. Il y a en effet, un sérieux problème car plusieurs études ont montré que l'acidité du sol constitue un frein majeur à la production végétale. Elle a un impact négatif sur le développement des cultures et sur leurs rendements.

La culture du maïs nécessite une pluviométrie supérieure à 700 ou 800 mm ; ces quantités dépendent toutefois du climat (hygrométrie) et de la durée du cycle de culture (PODA, 1979). Au Burkina Faso, on estime ses besoins en eau à environ 5,2 à 5,5 mm par jour jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour (floraison), 6 mm par jour du 60<sup>ème</sup> au 90<sup>ème</sup> jour et moins de 4mm après 90<sup>ème</sup> jour, soit une somme minimum de 618 mm d'eau pour tout le cycle. Chez le maïs, l'eau est donc un facteur essentiel du rendement. Quand la sécheresse intervient pendant l'établissement de la culture, les plantules meurent, entraînant ainsi une réduction du nombre de plantes (PALIWAL et al., 2002). Aussi, lorsqu'un stress hydrique survient à la période critique (20 jours avant la floraison et 10 jours après), les pertes de rendement peuvent atteindre 60%. On estime que durant cette période la plante absorbe 45% des besoins en eau (CIMMYT, 1991). En effet, les productions les plus faibles de cette culture (inférieurs à 800kg/ha) ont été observées au Burkina pendant la sécheresse de 1974 (LALBA et al., 2004). WEY (1998), a obtenu en zone Ouest du Burkina Faso une production moyenne de moins de 2 tonnes/ha de maïs en 1989 (campagne à faible moyenne pluviométrique) alors qu'elle est comprise entre 2 et 5 tonnes par hectare les années où la saison pluvieuse a été bonne.

### ***1.2.2. Variation du rendement selon les modalités de conduites culturales***

Selon les modalités de conduite de la culture du maïs, les rendements peuvent varier. En effet, le maïs est une plante exigeante et sa culture continue entraîne une baisse du rendement et présente des risques de dégradation du sol. D'après les travaux d'EDZANG MBA (1999), la mise en rotation d'une culture permet d'augmenter les rendements par rapport à la culture continue. HIEMA (2005), ajoute par ailleurs qu'une rotation faisant précéder le maïs d'une légumineuse est très bénéfique quant à la teneur du sol en azote.

Plusieurs études ont démontré que les semis tardifs occasionnent une baisse de production. Selon VILAIN (1989), les semis tardifs altèrent la durée de végétation et réduisent le rendement des cultures. SANOU (2003), préconise pour la zone ouest du Burkina, une période de semis allant du mois de Juin au 15 Juillet avec une densité de 50 000 plants/ha à 62 500 plants/ha.

Les variétés améliorées permettent d'obtenir de meilleurs rendements comparativement aux variétés locales. En effet, WEY (1998) dans ces travaux en zone Ouest du Burkina Faso, montre que l'utilisation de variétés améliorées (la SR22 notamment) conduit à une augmentation de rendement d'environ 30% par rapport à la variété locale.

L'importance du nombre et de la période de sarclage sur le rendement du maïs ont été soulignée par plusieurs auteurs. C'est ainsi qu'au Nigeria, AKOBUNDU cité par BARRO et *al.* (1996), ont enregistré une hausse de rendement de 67% avec deux sarclages par rapport au maïs non sarclé. PALIWAL et *al.* (2002), signalèrent chez le maïs des pertes de rendement dues aux mauvaises herbes de 20 à 100% aux Philippines, au Brésil, en Gambie, en Sierra Leone et au Nigeria, et de 30 à 56% en Ethiopie.

Le maïs répond bien à la fumure organique. La teneur en matière organique du sol est une des clés de la culture de maïs en ce sens qu'elle améliore non seulement les qualités physiques du sol, permet une activité microbienne, maintient en réserve de l'eau mais aussi contribue à la libération de l'azote minéral. Des études réalisées par DIALLO (2002), à la station de recherche FARAKOBA ont montré que les rendements du maïs augmentaient en fonction des doses d'azote combinées à l'épandage de fumier. Ce faisant, il a enregistré une production de plus de 3 tonnes avec une dose de 90 kg d'azote par hectare combinée à 3 tonnes par hectare de fumier et moins d'une tonne avec une application du fumier (2t/ha) sans apport d'azote.

Le facteur « date d'apport d'azote » a un effet significatif sur le rendement en grain du maïs. En zone cotonnière Ouest du Burkina EDZANG ONGO (2000) a obtenu des rendements de plus de 3,4 tonnes/ha avec un apport d'azote à 15 jours après semis contre moins de 2,1 tonnes/ha lorsque l'azote est apporté à 50 jours après semis.

Dans de bonnes conditions de production, la culture de maïs selon les travaux de SANOU (2003) permet d'obtenir par épis 85g à 150g de grains propres, soit pour une densité de 50 000 plants/ha un rendement de 6t/ha.

### **1.3. Facteurs influençant le rendement du coton**

#### ***1.3.1. Variation du rendement selon le contexte pédoclimatique***

Le sol conditionne le développement racinaire des plantes et les interventions culturales (VILAIN, 1989). Le cotonnier se développe normalement dans les sols profonds (supérieur à 75cm), perméables et de texture argilo-limono-sableux ou sablo-argileux. L'incidence du labour sur les rendements est substantielle. En effet, l'INERA (1994), a obtenu en culture attelée une augmentation de 88% de coton graine par rapport à la culture manuelle.

Le cotonnier préfère les zones à pluviométrie annuelle supérieure à 750 mm. Ses besoins en eau sont très variables suivant le stade de développement et pour un stade donné en fonction de l'intensité de l'ensoleillement et du taux d'humidité relative. En zone cotonnière, il faut en

début et en fin de végétation 2 à 3 mm/jour. Pendant la floraison, il faut 4 à 7 mm/jour. Les précipitations exercent un rôle important. Selon leur importance et leur répartition au cours de la campagne agricole, elles contribuent à la satisfaction ou non des besoins hydriques des plantes. Elles conditionnent aussi les possibilités d'interventions culturales (VILAIN, 1989). En effet, la phase de maturation du cotonnier (floraison, maturité) doit correspondre avec la grande période pluvieuse. Les besoins en eau de la plante sont maximales à ce stade, et tout stress hydrique peut entraîner une abscission des organes fructifères (boutons floraux, capsules) selon INERA, (2006).

### ***1.3.2. Variation du rendement selon les modalités de conduite culturales***

Les modes de gestion des parcelles peuvent influencer l'élaboration du rendement du cotonnier. En effet, le facteur « dates de semis » joue un rôle déterminant dans la production. Dans l'Ouest du Burkina, TRAORE et KOULIBALY (2006), ont obtenu (pour 4 dates de semis espacées de 10 jours dont la première intervenue est le 10 juin), des baisses de rendement de l'ordre de 185 kg/ha/décade en moyenne. De plus, on estime à 350 kg/ha la baisse du potentiel de production associée à un retard de dix jours dans le semis par rapport à la date optimale (CRETENET et *al.*, 2002). Au Burkina la période de semis se situe entre le 20 Mai et le 20 Juin avec une densité de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets (INERA, 2006). DAKOUO (1995), a observé des baisses de rendement d'environ 250kg de coton graine par hectare et par décade de retard de semis à compter du 20 Juin. Aussi, il a noté que dans les conditions de culture en zone cotonnière Ouest du Burkina, le non respect des normes de densité de semis induit souvent des pertes de 25% de la production cotonnière.

Les retards de sarclage des parcelles de cotonniers influencent négativement le rendement de cette culture. DAKOUO (1989), a noté à cet effet que la concurrence des mauvaises herbes occasionne des pertes de rendement de l'ordre de 150-200kg/ha de coton graine pour chaque décade de retard après le délai d'intervention normal.

PICHOT et *al.* (1981), ont montré dans une étude réalisée au Burkina Faso que l'azote et le phosphore sont les deux premiers facteurs limitant les rendements des cultures.

INERA (2006), rapporte que lorsque le coton reste ouvert sur pied plus de 3 semaines, la fibre perd ses qualités. De plus on a une détérioration de la faculté germinative des graines et une moindre teneur en huile.

## **II. MODES DE GESTION DE LA FERTILITÉ DU SOL**

### **II.1. Concept global de fertilité**

#### ***II.1.1. Définition***

La notion de « fertilité » fait appel à plusieurs définitions. Pour PIERI, (1989) il la définit comme étant l'aptitude à produire d'un milieu et non d'un terrain dont on apprécierait les diverses caractéristiques. Elle est alors assimilée à un jugement porté sur le fonctionnement d'un système biologique dont les composantes sont en interaction (le sol, le climat, la plante) et en outre soumises à des déterminants techniques, économiques, sociaux et historiques.

Pour sa part, SEBILLOTE (1982) dit de la fertilité des sols qu'elle est la capacité productive des terres, en fonction des propriétés objectives du sol et du milieu : propriétés hydrodynamiques, teneurs en éléments nutritifs, pH, pluviométrie, relief, etc.

#### ***II.1.2. Impact des modes de gestion de la fertilité des sols cultivés***

Les difficultés de gestion de la fertilité du sol ont des aspects biophysiques, économiques et socioculturels (ROY et *al.*, 2005). Du point de vue biophysique, la diminution de la fertilité du sol est liée à l'application faible ou inefficace de fumier et d'engrais, qui mène à des pertes élevées en raison du lessivage, de l'érosion et au manque d'intégration de l'élevage. Le déclin de la fertilité du sol est aussi lié à la vision économique à court terme des exploitations agricoles, au manque de moyens financiers pour l'acquisition des engrais, au climat et à l'environnement de marché peu sûr, aux droits fonciers mal définis et à l'infrastructure limitée. Les aspects socioculturels (règles d'usage des résidus, absence ou insuffisance de formation des producteurs dans la gestion des exploitations...) sont également importants car ils influencent les processus décisionnels des agriculteurs.

En zone soudano-sahélienne, la plupart des sols cultivés ont de faibles teneurs en matière organique totale. Toutefois, les valeurs varient en fonction des modes de gestion des sols en particulier de la nature et des quantités des restitutions organiques (BACYE, 1993).

Toute activité agricole entraîne à plus ou moins brève échéance une modification des caractères des sols où elle s'exerce (PIERI 1989). Diverses études, en particulier celles de BERGER et *al.*, (1987), de HIEN (1990), de DAKOUO (1991) et EDZANG MBA (1999) sur la fertilité des sols dans la zone cotonnière ont montré que dans un système de cultures incluant les rotations coton - céréales :



- il est impossible de maintenir les rendements stables en se limitant à une fertilisation minérale seule, même forte ;
- la mise en culture continue des sols se traduit par une perte de la matière organique de 2 à 4 % par an. Ce taux de matière organique qui est d'environ 1,2 % après défriche, chute très rapidement et atteint le seuil de 0,6 % après douze à quinze ans de culture continue ;
- on observe une acidification des parcelles se traduisant par l'apparition de l'aluminium échangeable à pH inférieur à 5.

Ces auteurs concluent que seul un système de culture associant la fumure organique (compost, fumier de parc) à la fumure minérale permet d'assurer le maintien de la fertilité si toutefois on ne fait pas l'impasse sur les problèmes d'amendements calco-magnésiens (dolomie, chaux agricole) et d'aménagement des parcelles pour limiter les effets de l'érosion, en particulier hydrique. PIERI (1989), SEDOGO (1981 et 1993) soulignent l'importance de la matière organique dans la productivité des sols en zone soudano-sahélienne. En effet, des essais de longue durée ainsi que des enquêtes en milieu réel, relatifs à l'utilisation des résidus organiques (transformés ou non) confirment que l'amendement organique constitue un moyen incontournable pour une gestion durable de la fertilité des sols dans cette zone.

## **II.2. Flux de biomasse à l'échelle de l'exploitation et gestion de la fertilité des sols**

En raison des différentes utilisations dont les matières organiques sont l'objet au niveau de l'exploitation agricole, on peut identifier trois principaux flux de biomasse (exportations, transferts/restitutions, importations) dont la combinaison détermine des lieux de perte, d'accumulation ou de maintien de la fertilité (TONNEAU *et al.*, 2002).

### ***II.2.1. Les exportations de biomasse***

Les exportations de biomasse sont responsables d'un départ de nutriments des parcelles via les minéraux et le carbone contenus dans la biomasse exportée.

Les principales exportations des espaces cultivés proviennent surtout des récoltes de grains destinées à l'autoconsommation ou à la vente (TONNEAU *et al.*, 2002).

Dans les agrosystèmes tropicaux, la partie exportable de la plante varie en fonction du système de production du producteur et des besoins domestiques de sa famille. En effet, en plus de la production utile, des résidus sont également exportés de la parcelle de culture vers

les concessions, pour l'alimentation des animaux, pour la construction des habitations, pour la cuisson des aliments (PIERI, 1986) mais aussi pour la production de fumure.

A travers la consommation des résidus aux champs par les animaux, on assiste aussi à une autre forme d'exportation. DUGUE (1999), dans ces études réalisées au Nord-Cameroun (Heiri et Oroulabo) montre que l'évolution de la quantité de paille de maïs au champ dépend presque exclusivement des prélèvements effectués par le bétail. En effet dans cette zone, la récolte et le stockage pour l'élevage par les hommes sont négligeables et les femmes n'utilisent jamais les tiges de maïs comme combustible. Pour une production de 2,03 à 2,17 tonnes/ ha de paille en début de saison sèche, il ne reste que 0,7 à 0,5 tonnes/ ha en fin de saison. Des études antérieures effectuées par LOMPO (1983), sur la disponibilité des résidus culturaux à partir d'enquêtes menées auprès de producteurs de Saria au Burkina Faso, montraient que la disponibilité des résidus de récolte diminue progressivement après la récolte. Ainsi, au moment des semis, la quantité de paille présente sur la parcelle est très faible. Pour les exploitations enquêtées, 90% des tiges récoltées servaient à la combustion, un tiers des pailles produites sur la parcelle était soit ramassé par des personnes étrangères à l'exploitation, soit pâturé par des animaux en divagation.

Des recherches similaires réalisées par BORO (2000), dans la province de Houet (terroir de Kadoamba) montrent une évolution des résidus de culture liée aux prélèvements dans les champs par les producteurs. En effet, il a obtenu des exportations de 89,4% des résidus de maïs, 0% pour le cotonnier, 100% pour le niébé et le riz, 92% pour l'arachide et 82,3% pour le sorgho et le mil. Ces différents prélèvements sont transportés des champs vers les concessions où ils vont être diversement utilisés.

### ***II.2.2. Restitutions / Transferts et Importations de biomasse***

Les transferts et restitutions permettent un apport de nutriments dans les parcelles. La première forme de restitution au champ provient des restes de culture (souvent insignifiants) incorporés au sol (TONNEAU et *al.*, 2002). Les restitutions les plus importantes viennent des apports de fumier sec ou de compost (des restes de culture) destinés aux cultures exigeantes. L'apport de fumier (à C/N voisin de 10) est le plus efficace quelques soit la texture des sols qui selon les doses (lorsque la fumure est insuffisante), ne fait que limiter les pertes en matière organique. Le plus souvent, il contribue à maintenir ou accroître le stock organique des sols (PIERI, 1989).

Les déjections constituent une forme de restitution de matière organique sur la parcelle lorsque la biomasse pâturée provient de l'exploitation. Lorsque la biomasse pâturée provient des pâturages naturels et de la zone des cultures vers les exploitations (DUGUE, 1999), les déjections permettent alors des importations de matière organique. Cela s'explique en zone soudano-sahélienne par le système d'élevage, qui consiste à alimenter le bétail pendant la journée sur des pâturages des parcours naturels (en saison pluvieuse et en début de saison sèche) et des résidus de cultures de l'ensemble de la zone cultivée après les récoltes et à le parquer la nuit dans les enclos ou sur les champs de l'exploitation. DUFUMIER (2002), stipule que la pratique du parcage nocturne à proximité des parcelles cultivées, est à l'origine d'un important transfert de fertilité depuis les pâturages indivis vers les surfaces en culture ; mais ceux qui possèdent un grand nombre d'animaux bénéficient d'une fumure organique plus importante que ceux qui en ont peu et les rendements des cultures varient en conséquence.

Les tiges de cotonnier correspondent à une immobilisation importante d'éléments minéraux au champ (DUGUE, 1999). A l'emplacement des tas de tiges de cottonniers brûlés se concentrent des éléments minéraux contenus dans les cendres mais la perte en matière organique et en azote reste considérable.

Par ailleurs, les adventices constituent une partie de la production de biomasse au niveau de la parcelle cultivée. La teneur en éléments minéraux des adventices peut être assimilée à celle d'un parcours naturel dominé par des graminées annuelles : teneur en N de 2% à 4%, phosphore 0,1% à 0,2% et potassium 1,5% en moyenne (BREMAN et DE RIDDER (1991) cités par DUGUE (1999)). Toutefois, cette quantité d'azote n'est pas totalement disponible pour les cultures. Les microorganismes qui sont chargés de décomposer cette biomasse, vont consommer une partie au cours de cette opération. Mais, il ne s'agit pas d'un enrichissement du sol en éléments minéraux car ces adventices en grande majorité ne fixent pas l'azote atmosphérique. Il s'agit d'une simple recombinaison d'éléments minéraux de l'horizon superficiel du sol qui contribue en premier lieu au développement des mauvaises herbes puis sont ensuite réincorporées dans le même horizon au moment du labour.

## CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

### I. ZONE D'ÉTUDE

Pour cette présente étude, deux villages (Koumbia et Kourouma) de la zone cotonnière Ouest ont été retenus afin de disposer d'une variabilité pédo-climatique susceptible d'influer sur l'élaboration du rendement et les pratiques d'utilisation de la biomasse. Pour ces villages nous disposons de données d'études antérieures menées dans le terroir de Koumbia par BLANCHARD (2005), et sur celui de Kourouma par VALL et *al.* (2005), DAHO (2006).

#### I.1. Présentation du village de Koumbia

##### I.1.1. Cadre géographique et caractéristiques physiques et humaines

Koumbia (Latitude 12°42'20''Nord ; longitude 4°24'01''Est ; altitude 290 m) est une commune rurale de la province de Tuy située sur la route nationale N°1, à 37 km au Sud-Ouest de Houndé (commune urbaine de la province) et à 67 km à l'Est de Bobo-Dioulasso.

Le terroir villageois (Koumbia et Waly) est limité par ceux de Sébédougou à l'Est, de Dankari au Nord-Est, de Kongolikan à l'Ouest. Dans la partie Sud, la forêt classée de la Mou constitue sa principale limite (annexe 1).

Le tableau I présente le contexte physique et humain du village de Koumbia.

**Tableau I : Caractéristiques physiques et humaines de Koumbia**

Caractéristiques	Descriptions	Auteurs
Climat	-Sud-Soudanien -800mm≤pluviométrie annuelle≤1100mm	BLANCHARD (2005)
Relief	-plaine en légère pente vers le Sud - partie médiane encastrée entre 2 collines (Kongolikan à l'Ouest et Sébédougou à l'Est)	DIALLO (2006)
Réseau hydrographique	-Saramboué, Djouanhont sont les principaux cours d'eau	DIALLO (2006)
Sols	-sols tropicaux peu lessivés et lessivés	DREP-Ouest (2001)
Végétation	-savanes arbustives et boisées -présence d'une forêt classée : le Mou -le Mou présente par endroits des zones de forêt dense à <i>Cola Cordifolia</i> , <i>Terminalia laxiflora</i> et de forêt claire à <i>Gardenia erubescens</i> , <i>Daniella oliveri</i> .	BLANCHARD (2005)
Population	-5857 habitants -principales ethnies : Bwaba (autochtones), Mossi, Peulhs	BLANCHARD (2005)
Organisations paysannes	-14 groupements de producteurs de coton -5 groupements d'éleveurs essentiellement peulhs	BLANCHARD (2005)

### ***1.1.3. Situation agropastorale de Koumbia et typologie***

Les systèmes de production sont principalement composés de céréaliculture, de cotonculture et d'élevage bovins (DIALLO, 2006). Dans ces systèmes mixtes « coton-céréales-élevage » la population humaine, l'emprise agricole et le cheptel sont les principales sources de pression sur les ressources agro-sylvo-pastorales. Ces pressions sont importantes et les conflits y afférents sont nombreux. Les relations entre éleveurs et agriculteurs demeurent problématiques et notamment pour l'usage de la terre (BLANCHARD, 2005).

La typologie des unités de production de Koumbia et Waly réalisée par BLANCHARD (2005), a mis en évidence neuf types d'unités de production regroupées au sein de trois ensembles principaux : les éleveurs (9%), les agriculteurs (84%) et les agro-éleveurs (7%)

### ***1.1.4. Activités économiques***

L'économie est dominée par l'agriculture et l'élevage. La route bitumée (RN1) qui traverse le village, facilite son accessibilité et favorise les échanges économiques avec les marchés de Bobo-Dioulasso et de Ouagadougou.

#### ***1.1.4.1. Agriculture***

Koumbia est situé dans le cœur du bassin cotonnier. Les systèmes de culture sont basés sur une rotation coton/maïs avec deux cultures de coton successives sans jachère. La vente du coton constitue la principale source monétaire pour les agriculteurs et les agro-éleveurs. Le maïs est avant tout une culture vivrière, dont les surplus sont vendus sur le marché de Bobo-Dioulasso et de Ouagadougou lorsque l'unité de production doit faire face à un besoin financier. Le sorgho arrive en troisième position. Il est cultivé pour la fabrication de bière locale. Les autres cultures secondaires (niébé, arachide, sésame...) sont très marginales. L'arboriculture et le maraîchage sont très peu développés (VALL et *al.*, 2006).

#### ***1.1.4.2. Elevage***

L'élevage est très présent dans la région. Il s'agit d'un élevage de type extensif avec pour principales espèces les bovins, les ovins, les caprins et la volaille. L'élevage bovin est une activité pratiquée par les Peuhls et les Mossis qui possèdent l'essentiel du cheptel villageois.

## I.2. Présentation du village de Kourouma

### I.2.1. Cadre géographique et caractéristiques physiques et humaines

Le village de Kourouma (Longitude 30°45'59'' Ouest ; latitude 12°87'29'' Nord et 337 m d'altitude) se situe dans la province du Kéné Dougou, à 78 km d'Orodara (commune urbaine de la province) et à 83 km de Bobo-Dioulasso.

Le village constitue un carrefour entre la ville de Bobo-Dioulasso, de N'dorola, et celle d'Orodara (annexe 2).

Le tableau II présente le contexte physique et humain du village de Kourouma

**Tableau II : Caractéristiques physiques et humaines de Kourouma**

Caractéristiques	Descriptions	Auteurs
Climat	Nord-Soudanienne 800mm ≤ pluviométrie annuelle ≤ 1200mm	(GODET et al. (2000); VALL et al. (2005)
Relief	-relief ondulé par l'alternance de grandes vallées ouvertes cultivées et de collines	VALL et al. (2005)
Réseau hydrographique	-Goro : bas-fond qui coule vers le Sud-Ouest -Kuo : cours d'eau temporaire coulant vers le Nord	VALL et al. (2005)
Sols	-ferrugineux tropicaux lessivés, associés à des minéraux bruts ou peu lessivés	CNRST et CIRAD (1995)
Végétation	-savane arborée à dominance : <i>Butyrospermum parkii</i> , <i>Parkia biglobosa</i> , <i>Sclerocaria birrea</i> , <i>Pterocarpus erinaceus</i>	CNRST et CIRAD (1995)
Population	-8200 habitants -principales ethnies : Sénoufos Nanergué, les Mossis, les Marka et les Peulhs	VALL et al. (2005)
Organisations paysannes	-24 groupements de producteurs de coton (GPC) -groupement villageois féminin, association des chasseurs, sabadougouma, comité de gestion des points d'eau...	VALL et al. (2005)

### I.2.3. Situation agropastorale de Kourouma et typologie

DAHO (2006) indiquait que les activités agricoles et pastorales sont réellement soumises à une dynamique liée à l'évolution rapide de la population depuis les années 1985, avec pour corollaire l'accroissement des surfaces cultivées et du cheptel. L'emprise agricole est estimée à 40% (DAHO, 2006) du domaine villageois potentiellement cultivable. Cet accroissement de la superficie cultivée accentue les conflits (dégâts sur les cultures, obstruction des points d'eau,...). Mais dans le même temps, les relations d'échange (contrat de fumure, location des attelages,...) entre agriculteurs et éleveurs se développent.

Dans ce village de Kourouma, il a été identifié trois grands groupes d'unités de production à l'image de ceux identifiés à Koumbia à savoir les agriculteurs (73%), les agro-éleveurs (17%) et les éleveurs (10%).

#### ***1.2.4. Activités économiques***

La vie économique du village est animée par l'agriculture (avec notamment la présence d'une usine d'égrenage de la Sofitex) et l'élevage.

##### ***1.2.4.1. Agriculture***

Les caractéristiques physiques de la province sont un atout important pour le développement de l'agriculture. Le découpage de la province en fonction des cultures est le suivant :

Les productions fruitières (mangues, agrumes, etc.) et cultures maraîchères occupent une place importante dans les activités agricoles de la partie sud (DAHO, 2006). Cette partie avec pour grand centre urbain, la ville de Orodara représente le "bassin fruitier" du pays.

Au nord de la province, la culture du coton est de loin la principale spéculation. Cette culture représente près de 50% dans les assolements (BAFRENAH, 1998). Le maïs suit de près le coton dans les assolements. Les céréales traditionnelles (sorgho, mil, etc.) occupent de moins en moins des superficies importantes.

##### ***1.2.4.2. Elevage***

Deux estimations du cheptel effectuées en 1993 et en 2003 montrent une très forte augmentation (tableau III).

**Tableau III : Estimation du cheptel bovin de Kourouma en 1993 et 2003**

<b>Année</b>	<b>Bovins de trait</b>	<b>Bovins d'élevage Peulhs</b>	<b>Bovins d'élevage Sénoufo</b>	<b>Bovins d'élevage Mossi</b>	<b>Total</b>
<b>1993</b>	835	1045	2454	1311	5645
<b>2003</b>	1270	2968	2782	880	7900

Source : CHEVALIER, (1993); AUGUSSEAU et SALOUKA, (2003) cité par DAHO, (2006).

Le marché de bétail n'est pas bien structuré sur place à Kourouma mais les producteurs bénéficient du marché de Bobo-Dioulasso et aussi des marchés des pays côtiers comme la Côte d'Ivoire et le Ghana (DAHO, 2006).

## II. MÉTHODOLOGIE

Afin de cerner les différentes contraintes de production du maïs, du coton et de dégager les pratiques de gestion de la biomasse produite et leur impact sur la fertilité des sols au sein des deux villages, la démarche a été structurée en deux parties :

- identification des facteurs limitant la production de biomasse ;
- identification de l'utilisation de cette biomasse durant la saison sèche.

### II.1. Caractérisation des facteurs limitant la production de biomasse du maïs et du coton

Dans la section qui suit sont présentés :

- le dispositif permettant de caractériser l'impact des facteurs pédoclimatiques et des modes de conduite sur la croissance et le développement des cultures ;
- les protocoles de récolte des données concernant : la croissance et le développement des cultures, les pratiques et les données pédoclimatiques.

#### II.1.1. Dispositif expérimental

##### II.1.1.1. Choix des parcelles

Cette étude s'est déroulée en milieu réel et concerne au total 40 parcelles réparties dans les 2 terroirs d'études (14 à Kourouma et 26 à Koumbia (tableau IV)). Travailler en milieu réel signifie ne pas contrôler les variables pouvant influencer sur la production de biomasse agricole (dates de semis ou d'entretien des cultures hétérogènes entre producteurs,...). Certaines des parcelles choisies sont celles de producteurs impliqués dans une recherche action en partenariat (RAP) entre chercheurs, techniciens et producteurs (projet Teria, Cirad 2005-2007) où à l'échelle des systèmes de cultures deux innovations avaient été proposées : (1) l'application localisée de la fumure organique, (2) le travail du sol en sec associé au semis mécanique. En choisissant ces exploitations dans notre dispositif d'étude, l'objectif n'est pas d'évaluer ces innovations mais : (1) d'être sûr de disposer d'une diversité de pratiques dont l'impact sur la production de biomasse pourrait être étudié, (2) d'étudier l'impact de ces pratiques sur la production de biomasse comme n'importe quelle autre pratique conventionnelle (désherbage,...). Le reste des parcelles choisies correspond à des producteurs ayant au cours de la saison 2007 semé tardivement leurs parcelles de coton ou maïs afin de disposer d'une pratique supplémentaire à analyser.



**Tableau IV : Nombre de parcelles de cultures suivies en fonction des villages**

Culture	Village		total
	Kourouma	Koumbia	
coton	4	11	15
maïs	10	15	25

### *II.1.2. Suivi de la croissance et du développement des cultures*

Dans chaque parcelle, le suivi des composantes de rendement portait sur 5 placettes d'une superficie de 12 m<sup>2</sup> (3m×4m). Ces suivis réguliers ont été effectués à une fréquence de 3 semaines à l'occasion desquels plusieurs mesures ont été effectuées. Les mesures concernent le nombre de poquets par ligne par placette, la hauteur des plants en raison d'une mesure par ligne, l'état d'enherbement, de la floraison, de l'épiaison/capsulation. Les mesures de poids à la récolte effectuées par placette ont concerné l'épi de maïs, le coton graine et la paille ou tige. Cette opération a consisté à l'enlèvement des épis de maïs ou du coton graine, à la coupe de tous les pieds de culture contenus dans le carré. Les épis de maïs ou le coton graine de chaque carré ont été pesés sur le champ à l'aide d'un peson à ressort de 25 Kg ± 50 g. Les tiges ou pailles ont été attachées puis pesées à l'aide de ce même peson. Un échantillon représentatif de la paille a été prélevé et pesé avant d'être conditionné dans un sac. Les échantillons et épis frais ont été séchés au soleil pendant une durée suffisante d'au moins 3 semaines avant la détermination de leur poids sec. Les grains et les rafles de maïs ont été pesés après égrenage et le poids 1000 grains de chaque carré a été déterminé. Par ailleurs le nombre d'épis par placette a été déterminé avant l'égrenage.

### *II.1.3. Suivi des opérations culturales*

Des enquêtes ont été effectuées en parallèle afin de disposer des données concernant les variétés utilisées. Les dates de préparation du sol, de semis ainsi que celles des premières opérations culturales d'entretien et autres données secondaires sont recueillies également en vue d'évaluer les pratiques éventuellement responsables des différences de production. Par ailleurs, Le type de sol de chaque parcelle a été identifié par observation.

### II.1.4. Collecte de données climatiques

Les données pluviométriques des deux terroirs ont été recueillies en fin de saison pluvieuse auprès des structures d'agriculture et de santé. La pluviométrie enregistrée au cours de l'année 2007 dans le village de Koumbia et Kourouma est illustrée en décade (D) sur les figures 1 et 2.

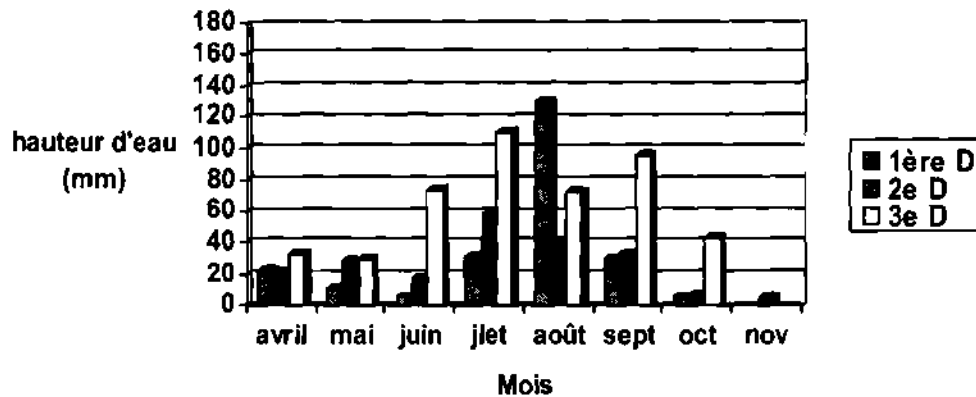


Figure 1 : Pluviométrie décadaire (en mm) de Koumbia de 2007

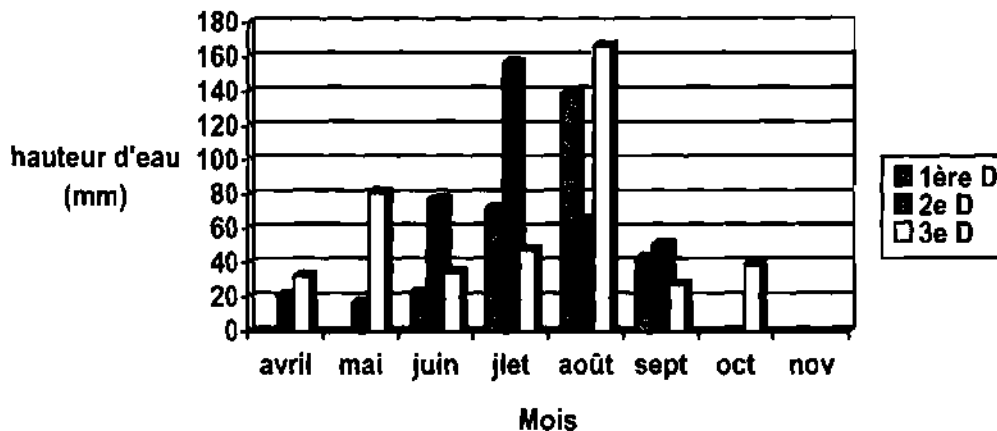


Figure 2 : Pluviométrie décadaire (en mm) de Kourouma de 2007

### II.2. Caractérisation des modes de gestion de la biomasse durant la saison sèche et fertilité

Elle a concerné deux échelles d'analyse : l'échelle de l'exploitation et celle de la parcelle. Au niveau de l'exploitation il est possible d'analyser les différents prélèvements, flux et apports de biomasse réalisés sur les parcelles et mieux appréhender leurs finalités (destination des prélèvements, origine et mode de production des apports) afin de mettre en évidence différents modes de gestion de la biomasse.

L'échelle de la parcelle permet de quantifier l'évolution de la biomasse sous l'effet des différents types de prélèvements (vaines pâtures, stockage des pailles,...) mais aussi des apports (fèces, fumure organique,...) durant la saison sèche afin d'établir les bilans minéraux apparents des différents modes de gestion de la biomasse observés à l'échelle de l'exploitation.

### ***II.2.1. A l'échelle de l'exploitation***

Six exploitations par village ont été choisies au sein de l'échantillon initial. Ces exploitations ont été retenues en fonction de la disponibilité des chefs d'exploitation. Des enquêtes ont été menées auprès d'eux. Elles ont consisté en des entretiens directs à l'aide d'un questionnaire structuré (annexe 3) portant sur les caractéristiques générales des exploitations et les différents flux de biomasse.

### ***II.2.2. A l'échelle de la parcelle***

Des suivis, enquêtes et analyses ont été faits sur 15 parcelles de maïs de l'échantillon initial : 5 à Kourouma et 10 à Koumbia (nous verrons plus tard qu'au sein des modes de gestion identifiés à l'échelle de l'exploitation le coton n'était parfois pas cultivé d'où ce suivi uniquement des parcelles de maïs).

#### ***II.2.2.1. Les dispositifs de suivis de saison sèche***

Les suivis de saison sèche ont été effectués à trois périodes : en début (novembre), milieu (janvier) et fin de saison sèche (mars). On a considéré les dispositifs déjà mis en place (lors de la saison hivernale) pour les mesures de début de saison sèche. Pour les mesures de milieu et de fin de saison sèche, juste après les récoltes, 10 autres placettes d'une superficie de 12 m<sup>2</sup> chacune ont été placées de façon aléatoire sur chacune des 15 parcelles :

- 5 placettes ont été identifiées pour les suivis de milieu de saison sèche ;
- et les 5 autres ont concerné ceux de fin de la saison sèche.

#### ***II.2.2.2. Les mesures***

Les mesures de début de saison sèche (novembre) ont concerné les résidus de culture du maïs et du coton. Lors de la récolte, on a procédé à la pesée des résidus de chaque placette et

extrapolé à tout le champ. Egalement, le poids des adventices présents sur les placettes a été déterminé après séchage.

Pour les mesures de milieu de saison sèche (Janvier) : Sur chaque placette on a pris le soin de ramasser et de peser les résidus de cultures restants, les adventices présents et éventuellement les fèces d'animaux. Une extrapolation a suivi par la suite afin de disposer du poids total de la biomasse présente sur le champ.

Pour les mesures de fin de saison sèche (Mars) : on a fait les mêmes mesures que celles effectuées en milieu de saison sèche.

### *II.2.2.3. Les enquêtes*

Juste avant le début de l'hivernage de la campagne 2008, des renseignements ont été recueillis auprès des producteurs des 15 parcelles d'étude. Il s'est agit de déterminer d'une part, les éventuels apports de matière organique envisagés par l'exploitant pour la fertilisation de la parcelle d'étude et la façon dont sera géré le restant des résidus de culture d'autre part.

### *II.2.2.4. Etablissement des bilans minéraux apparents*

L'établissement des bilans minéraux apparents a pour but d'évaluer le niveau de disponibilité des éléments minéraux majeurs (N, P, K) en fonction des exportations par les cultures et importations et restitutions par les fertilisants (organiques et minéraux) ainsi que par les fèces sur les parcelles d'étude.

Les bilans prévisionnels apparents ont été estimés pour la campagne 2008. Le restant des résidus de culture issus de la campagne précédente, les résidus brûlés, les fèces d'animaux présents sur les parcelles, et les éventuels apports de fumures organiques sur la parcelle envisagés par le producteur pour la campagne 2008 ont été pris en compte. Les bilans des éléments N, P, K pour chaque culture sont obtenus en faisant le calcul suivant :

Bilans minéraux apparents prévisionnel avant la campagne 2008 = apports éléments (Fumure organique 2008 + fèces + restant des résidus + résidus brûlés) - exports éléments (des récoltes 2007).

#### II.2.2.4.1. Evaluation des entrées de N, P et K par les apports de fumure organique ( $En_{(f)}$ )

Considérant  $Q_f$ , la quantité (en Kg/ha) de fumure organique (compost, fumier, poudrette, fèces) apportée en début de campagne et ( $t_i$ ) la teneur moyenne de fumure organique (en % de MS) en l'élément (i) alors la quantité (i) entrée par la fumure organique s'obtient comme suit :

$$En_{(f)i} = Q_f \times t_i/100$$

Le tableau V indique les teneurs moyennes de terre de parc (DELVILLE, 1996) de fumier (DAKOUO, 1994) et de compost (BONDE, 2007) en éléments N, P et K utilisées pour l'évaluation des apports en N, P et K de la fumure organique.

**Tableau V : Composition chimique en % de terre de parc, de fumier et compost**

Eléments minéraux	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Source
Terre de parc	1,3	1,5	2,46	DELVILLE, (1996)
Fumier	1,03	0,48	1,49	DAKOUO (1994)
Compost	2,06	0,63	1,4	BONDE (2007)

#### II.2.2.4.2. Evaluation des entrées de N, P et K par le restant des résidus de cultures qui sera enfoui ou brûlé ( $En_{(r)}$ )

Si  $Q_r$  est la quantité (en tonnes/ha) de résidus restant ou brûlés sur la parcelle en fin de saison sèche et ( $t_i$ ) la teneur moyenne des résidus de cultures (en pour 1000 de MS) en l'élément (i) alors la quantité (i) entrée par les résidus de cultures enfouis ou brûlés s'obtient comme suit :

$$En_{(r)i} = Q_r \times t_i/1000$$

Les entrées totales de l'élément (i) juste avant la campagne 2008 sont la somme de ses entrées supposées par les apports de fumure organique (compost, fumier, poudrettes, fèces)  $En_{(f)i}$  et de celles par les apports de résidus de culture enfouis et brûlés  $En_{(r)i}$ .

$$En_{(t)i} = En_{(f)i} + En_{(r)i}$$

#### II.2.2.4.3. Evaluation des exportations minérales (N, P et K) des cultures ( $Exp$ )

Les quantités des éléments exportées par chaque culture ont été déterminées à partir des rendements mesurés et de l'utilisation des données secondaires de la littérature (PIERI, 1989) sur les exportations minérales des cultures (tableau VI) en supposant les exportations proportionnelles aux rendements des cultures.

**Tableau VI: Exportations minérales des récoltes (Kg/ha/tonne de produit récolté)**

Eléments minéraux	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Maïs grains	19	6,7	6
Maïs paille	12,7	1,7	19,5

Source : PIERI (1989)

Connaissant la quantité exportée notée Exp (1 tonne/ha) de l'élément (i) par une culture donnée pour un rendement d'une tonne de grain, la quantité exportée de l'élément (i) pour un rendement (maïs grain ou coton graine) réellement mesuré Rr (en tonne/ha) est donnée par la formule :

$$\text{Exp}_{(g)i} = \text{Exp} (1 \text{ tonne/ha}) \times Rr$$

Connaissant la quantité exportée notée Exp(1 tonne/ha) de l'élément (i) par une culture donnée pour un rendement d'une tonne de résidus de culture, la quantité exportée de l'élément (i) pour un rendement (résidus de maïs ou coton) réellement mesuré Rr (en tonne/ha) est donnée par la formule :

$$\text{Exp}_{(r)i} = \text{Exp} (1 \text{ tonne/ha}) \times Rr$$

Les exportations totales de l'élément (i) pour la campagne 2007 sont la somme de ses exportations par les cultures (grains de maïs et coton graine)  $\text{Exp}_{(g)i}$  et de celles par les résidus de cultures  $\text{Exp}_{(r)i}$ .

$$\text{Exp}_{(t)i} = \text{Exp}_{(g)i} + \text{Exp}_{(r)i}$$

#### II.2.2.4.4. Expression finale des bilans minéraux apparents

Le bilan de l'élément (i) (en Kg/ha) dans chaque cas s'obtient en effectuant la différence entre les entrées et les sorties de cet élément.

$$\text{Bilan} (i) = \text{En}_{(t)i} - \text{Exp}_{(t)i}$$

Les bilans calculés sont des bilans partiels. Ne sont pas pris en compte dans ces bilans les pertes de nutriments par érosion, par lixiviation et les pertes d'azote sous forme gazeuse ainsi que les apports météoriques et par minéralisation de la matière organique du sol. Il faut souligner également que les différences de qualité et de composition minérale des fumures organiques fonction du type d'animal (leur alimentation, leur stade physiologique) et des résidus culturaux utilisés (nature et stade à la récolte) n'ont pas été prises en compte. Par conséquent, les estimations qui résultent de cette étude doivent être plus considérées comme les premières indications sommaires d'une approche quantitative à développer par la suite. Elles permettent cependant de cerner le stock organique des sols cultivés dans ces parcelles.

#### *II.1.4. Traitement des données*

Une base de données a été constituée sur Access et Excel. Le traitement des données a été réalisé au moyen du logiciel XLSTAT 2008.

##### *II.1.4.1. Formulation des données*

Pour faciliter les analyses statistiques, les variables qualitatives concernant l'itinéraire technique des parcelles ont été transformées en variables quantitatives. C'est en particulier les dates des interventions techniques, les types de sols, les conditions pluviométriques, les types de variétés de cultures, et les quantités d'apport de fumure organique et minérale (annexe 4).

##### *II.1.4.2. Analyse des liaisons entre variables et parcelles*

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été utilisée à l'aide du logiciel XLSTAT 2008. C'est une méthode statistique plus particulièrement adaptée à la description d'un ensemble de variables descriptives de l'itinéraire technique et à la restitution de leur degré de liaison sous forme graphique, qui devrait permettre de dégager les tendances générales, les variables de production (poids de 1000 grains...) et les variables techniques (date de semis...).

## CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### I. ANALYSE DES FACTEURS LIMITANT LA PRODUCTION DE BIOMASSE ÉPIGÉE DU MAÏS ET DU COTON

#### I.1. Analyse de la production de biomasse épigée de maïs

##### I.1.1. Cas du village de Koumbia

###### I.1.1.1. Itinéraire technique sur les parcelles de maïs (Koumbia)

Le tableau VII présente les résultats sur les caractéristiques des parcelles de maïs, l'itinéraire technique et l'évolution des cultures au cours de la saison. Dans l'ensemble, quatre producteurs sur quinze ont utilisé des variétés améliorées de maïs pour cette étude. Dans 67% des parcelles, les semis ont été effectués dans la dernière quinzaine du mois de juin. Les semis sur les autres parcelles ont été réalisés après la première quinzaine du mois de juillet. 73% des sols des parcelles ont un caractère sableux.

Cinq producteurs sur quinze ont apporté de la fumure organique sur leur parcelle à des types et doses extrêmement variées allant de 0,9 tonne/ha à plus de 23 tonnes/ha. Sur certaines parcelles (trois sur les cinq) l'application de la fumure organique a été sous forme localisée. Elle a été uniformément répartie sur l'ensemble des deux autres parcelles. Aucun producteur n'a effectué le démariage des plants de maïs après la levée. Deux producteurs sur quinze ont respecté les doses d'application du NPK. Aussi, deux producteurs sur quinze ont appliqué l'urée sur leurs parcelles à des doses conformes à celle recommandée par la recherche. Les dates d'application de la fumure minérale n'ont pas été pour la plus part respectées. Les doses et dates recommandées par la recherche sont de 150 Kg/ha de NPK du semis au 15<sup>ème</sup> jour après semis et 100 Kg/ha d'urée au 30<sup>ème</sup> jour après semis. 60% des producteurs ont réalisé l'opération de sarclage. Parmi eux, un seul a respecté les dates de sarclage (généralement 15 à 20 jours après semis). Le désherbage manuel a été effectué sur treize parcelles. Une seule parcelle a été semée dans de mauvaises conditions pluviométriques, les autres ont bénéficié de conditions acceptables au moment des semis. En début de floraison deux parcelles sur les quinze avaient de bonnes conditions pluviométriques. La pluviométrie était relativement passable sur les autres parcelles.

Dans l'ensemble, le nombre de plants à l'hectare au moment de la pleine croissance (entre 33 000 et 47 000 plants/ha) est largement en deçà des normes de densité préconisées par la recherche (62 500 plants/ha). Lors de la récolte le nombre d'épis de maïs à l'hectare était pour la plus part inférieur au nombre de plants mesuré au moment de la pleine végétation.



**Tableau VII : Itinéraire technique des parcelles de maïs à Koumbia**

Parcelle	Parcelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sol	Texture	A	A	G	SG	SG	SA	S	SA	G	SA	S	SG	SG	S	SG
Pluviométrie	Semis	M	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	T B	T B	B	T B
	Début floraison	P	P	P	P	P	P	B	P	P	P	B	P	P	M	M
	Début épiaison	P	P	P	P	P	B	P	P	P	B	P	P	M	M	M
Variété	Variété	locale	locale	locale	locale	locale	locale	locale	SR21	locale	locale	locale	SR21	SR21	SR21	locale
FO	Quantité (Kg/ha)	non	non	2271	non	5409	non	1487	915	non	non	non	28687	non	non	non
	Type	non	non	fumier	non	fumier	non	Pd+OM	Pd+fumier	non	non	non	Pd	non	non	non
Préparation sol	Modalité	labour	tss	labour	labour	labour	labour	labour	labour	labour	tss	labour	labour	labour	labour	labour
Semis	Modalité	manuel	mécaniq	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel
	Date	17-juin	15-juin	22-juin	27-juin	27-juin	22-juin	30-juin	15-juil	25-juin	22-juin	30-juin	26-juil	05-août	13-août	30-juil
Démariage	Date	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Densité (~42jas)	Pieds/ha	42291	39375	38791	39666	33833	47541	45000	38000	42875	42583	44625	33000	43750	35000	35250
NPK	Quantité (Kg/ha)	103	103	38	14	14	178	3	96	38	178	3	non	non	68	non
	Date	37jas	37jas	41jas	31jas	31jas	37jas	46jas	10jas	41jas	37jas	46jas	non	non	44jas	non
Urée	Quantité	0	0	0	87	87	133	20	58	0	133	20	non	non	68	non
	Date	non	non	non	40jas	40jas	37jas	46jas	10jas	non	37jas	46jas	non	non	44jas	non
Sarclage	Date	25jas	25jas	37	30	30	non	40	10jas	34	non	40	non	non	non	non
Désherbage m	Date	26jas	26jas	37	30	30	31jas	40	44jas	34	31jas	40	30jas	non	non	20jas
buttage	Date	39jas	39jas	45	40	40	non	46	44jas	42	non	49	non	non	44jas	non
Note enherbmt (échelle 1 à 9)	Début (~21jas)	3	4	3	3	3	3	4	1	3	3	3	2	1	1	3
	Pleine flo	4	5	2	3	4	4	2	2	3	3	2	5	3	2	5
Hauteur plants (cm)	~30jas	81	67	60	48	55	62	36	60	43	36	29	60	40	65	40
	pleine flo	194	184	172	181	173	167	111	191	135	141	77	148	191	146	94
Rendement	Nbre épis/ha	31667	28333	30833	30667	25000	24167	31000	35000	27833	17167	28667	9000	0	0	0
	Grain (Kg/ha)	2750	2567	2400	2117	1983	1733	1672	1598	1383	1183	1182	193	0	0	0
	Paille (Kg/ha)	1557	2863	3230,03	3551,62	3704,8	2140	2650,3	3203	3391	1462	2089,91	2259	1490	1123	837

A : argileux G : gravillonnaire SG : sablo-gravillonnaire S : sableux SA : sablo-argileux M : mauvaise P : passable B : bonne TB : très bonne FO : fumure organique Pd : poudrette OM : ordures ménagères mécaniq : mécanique jas : jour après semis enherbmt : enherbement flo : floraison nbre : nombre tss : travail du sol en sec

### 1.1.1.2. Analyse des pratiques sur la production du maïs (Koumbia)

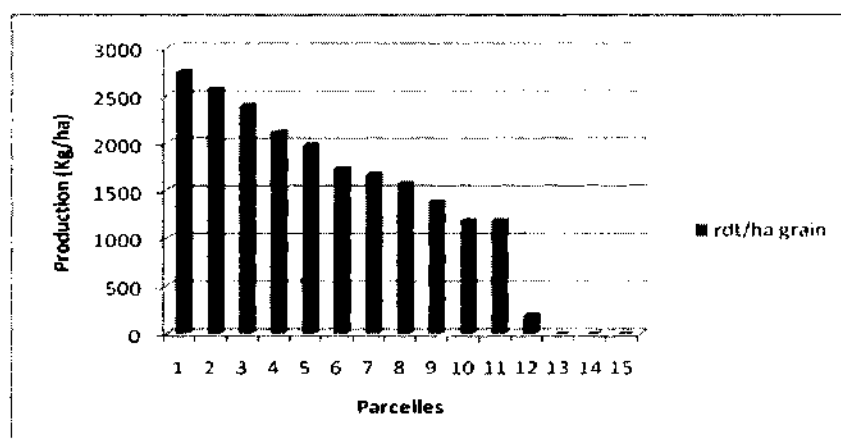
#### 1.1.1.2.1. Production de maïs (Koumbia)

Le tableau VIII présente les statistiques simples issues du tableau VII. Il ressort que le rendement moyen de grain de maïs est de  $1,4 \pm 0,9$  t/ha avec une production maximale de 2,7 t/ha, la minimale de 0 t/ha. Son écart type montre une grande variation de la production de maïs grain au niveau des parcelles.

**Tableau VIII: Statistiques simples de la production du maïs à Koumbia**

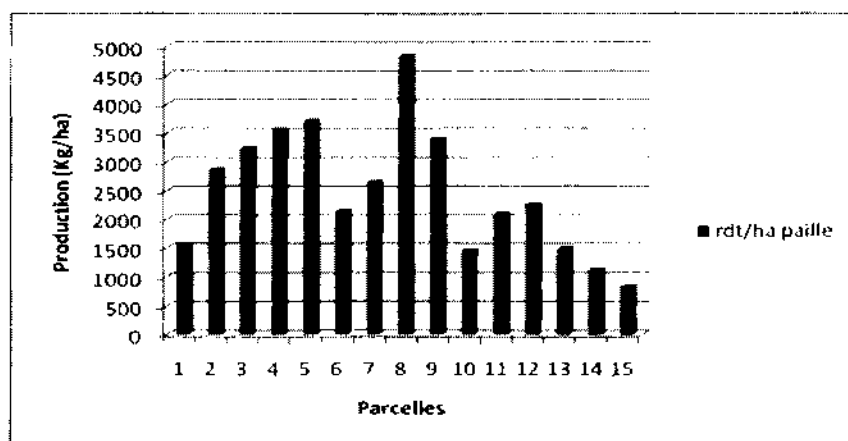
Production	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nombre épis/ha	0,00	35000,00	21288,93	12721,29
Maïs grain (Kg/ha)	0,00	2750,00	1382,53	951,72
Maïs paille (Kg/ha)	836,11	4844,43	2479,47	1119,09

La figure 3 montre plus en détail la variation de la production de maïs grain en fonction des parcelles. La maximale a été enregistrée au niveau de la parcelle 1. Les parcelles 13, 14, et 15 ont toutes obtenu une production nulle de maïs grain. Entre les parcelles 1 et 2 la différence de production de maïs grain est de 0,18 t/ha.



**Figure 3 : Rendement de maïs grain en fonction des parcelles (Koumbia)**

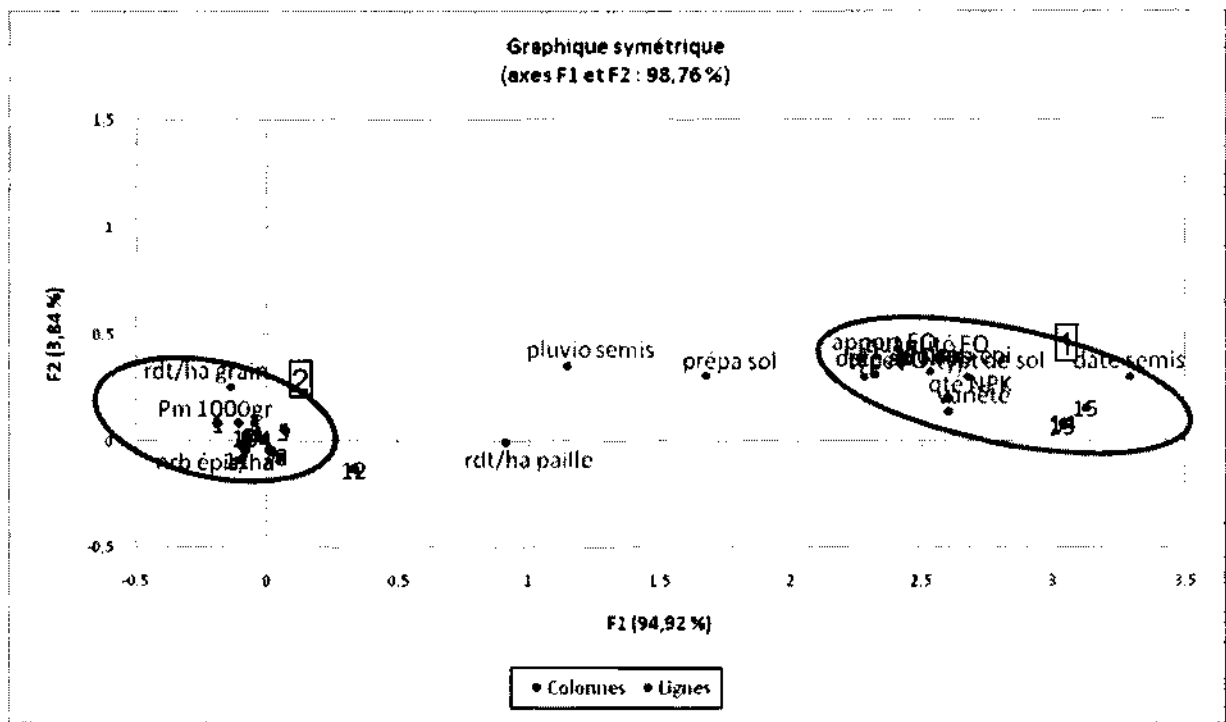
La figure 4 montre la production de maïs paille en fonction des parcelles. Cette production de la paille ne suit pas celle des grains de maïs. En effet, la production maximale (4,8 t/ha) a été enregistrée au niveau de la parcelle 8 et la minimale (0,8 t/ha) sur la parcelle 15. De la parcelle 1 à 5, la production de paille augmente d'une parcelle à l'autre. On note ainsi une production contraire que celle des grains de maïs.



**Figure 4 : Rendement de maïs paille en fonction des parcelles (Koumbia)**

#### I.1.1.2.2. Etude des liaisons entre variables et parcelles de maïs à Koumbia

L'AFC a permis de distinguer deux nuages de points (figure 5). Le premier nuage a regroupé les parcelles 13, 14 et 15 avec les variables dates de semis, quantité NPK, variété, apport de fumure organique et types de sols. Le second nuage de l'AFC est le regroupement des autres parcelles sauf la parcelle 12 avec les variables nombre d'épis, rendement de maïs grain et poids moyen 1000 grains. En d'autres termes, et compte tenu des classifications de variables effectuées, les parcelles les plus à droite de l'axe F1 sont celles où les sols sont sablo-gravillonnaires où il y a eu utilisation de variétés améliorées, les dates de semis sont les plus tardives, les quantités de NPK les plus faibles, sans apports de fumure et ayant des rendements faibles. Celles les plus à gauche présentent les caractéristiques inverses. Les parcelles situées entre ces deux extrêmes présentent des gradients entre ces différentes combinaisons. Il ressort que les dates de semis ont fortement influencées la production de maïs grain. En effet les parcelles 13, 14 et 15 ont obtenu une production nulle à cause d'une mise en place très tardive des cultures. La production de maïs grain au niveau des autres parcelles a varié en fonction de la densité des plants et par conséquent du nombre d'épis. Prise de façon individuelle, la parcelle 1 se différencie des autres par la mise en place très précoce des cultures et la densité des plants (42 291 plants/ha au 42<sup>ème</sup> jour après semis). Sur la parcelle 12, malgré une application efficace de la fumure organique (plus de 28 t/ha), elle a enregistré une production moindre. Cette situation pourra s'expliquer par la mise en place des cultures car elle a été effectuée un peu plus tardivement que les autres.



**Figure 5 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de maïs et variables caractérisant l'itinéraire technique (Koumbia).**

### 1.1.1.3 Discussion

Les résultats obtenus au niveau des tableaux VII, VIII, figures 3 ; 4 et 5 permettent de mettre en évidence l'influence de certains modes de gestion des parcelles sur la production de maïs. Il ressort que les dates tardives de semis ont occasionné des pertes énormes de production de maïs grain sur certaines parcelles. Cela est lié à la mauvaise pluviométrie durant la période de pleine croissance entraînant ainsi une pollinisation imparfaite du maïs. La figure 4 le prouve assez bien car les semis tardifs étant réalisés dans de bonnes conditions hydriques, on a donc pu observer une parfaite croissance végétative jusqu'à la période de la floraison. La sécheresse étant intervenue aux alentours de la floraison, a limité la formation des réserves entraînant une chute importante de production de maïs grain. Selon WEY (1998), l'essentiel du carbone entrant dans l'élaboration des épis est issu du processus photosynthétique durant la phase de remplissage des grains. C'est ainsi qu'avec l'avènement de la sécheresse, on assiste donc à une régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration occasionnant des pertes de production. PINDARD (2000), dans ses études a montré qu'un stress hydrique encadrant la floraison induit une diminution de la matière sèche totale de l'épi et une augmentation de celle de la tige ; par contre la matière sèche à maturité des feuilles, des gaines foliaires et des spathes, n'est pas affectée.

Le nombre d'épis à l'hectare dans l'ensemble des parcelles est moindre par rapport au nombre de pieds mesuré (très en dessous des normes recommandées) en pleine végétation du maïs (tableau VII). Ceci est peut être lié à la disparition de certains pieds du fait des termites, des techniques de culture (sarclage, désherbage, buttage) et à certaines situations plus défavorables (forte pluviosité, vents...). Cependant, la figure 5 a illustré une production de maïs grain en partie liée au nombre de plants à l'hectare (nombre d'épis/ha). Ces résultats confirment ceux de WEY (1994) qui avait en effet, trouvé qu'en zone cotonnière Ouest du Burkina, seulement 17% des exploitants se situent dans les normes de densité recommandées (50 000 à 62 500 plantes/ha), tandis que 30% ont une densité inférieure à 30 000 plantes/ha, c'est-à-dire une situation où la densité devient fortement limitante. En outre, BIBANG (2003) a trouvé que le facteur densité a une influence significative sur les rendements grains, paille, épis et nombre d'épis du maïs. Il a obtenu un accroissement de rendement en grain de 50% pour la variété SR21 et 37% pour la KEB à la densité 95000 plantes/ha par rapport à la densité recommandée (62 500 plantes/ha). En effet, l'augmentation de la densité de plantes à l'hectare permet d'accroître l'aptitude du couvert végétal à accumuler de la biomasse et d'élever le rendement grain à l'hectare. Ceci grâce à une meilleure mobilisation des ressources du sol (eau et éléments fertilisants) et une bonne interception du rayonnement solaire. SOLTNER (1986), montre également dans le même sens que dans les conditions favorables (bonne alimentation hydrique et minérale, restitution de la matière organique), les hauts rendements s'obtiennent avec de fortes densités. En conditions moins favorables, l'adoption de fortes densités ne se traduit pas par une baisse de rendement. Et comme l'affirme FAO (1987), le rendement à l'hectare est jusqu'à un point, une fonction linéaire de la densité de semis, au-delà, l'accroissement du rendement diminue.

La moyenne de production (maïs grain) de l'ensemble des parcelles enregistrée au niveau du tableau VIII est de 1,3 t/ha. Cela dénote de la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie enregistrée au niveau du village de Koumbia entraînant une diminution de la production de maïs grain.

### ***1.1.2. Cas du village de Kourouma***

#### ***1.1.2.1. Itinéraire technique sur les parcelles de maïs (Kourouma)***

Le tableau IX présente les résultats sur les caractéristiques des parcelles de maïs de Kourouma, l'itinéraire technique et l'évolution des cultures au cours de la saison. Les dates de semis ont varié du 25 mai au 17 juin donc sont conformes aux dates recommandées (20 mai –

20 juillet). 70% des producteurs ont utilisé des variétés locales pour les semis. Les sols sont pour la plus part de type argileux à argilo- gravillonnaires.

Trois producteurs sur dix ont apporté de la fumure organique d'une manière localisée sur leur parcelle. Les doses ont varié de moins d'une tonne à l'hectare à plus de 16 t/ha. 80% des producteurs ont effectué le démariage des plants de maïs après la levée. Mais il faut signaler que les dates de démariage n'ont pas été respectées.

Un seul producteur sur les dix a respecté les doses d'application du NPK. Les doses d'application de l'urée, les dates d'épandage de la fumure minérale recommandées par la recherche n'ont pas été honorées sur l'ensemble des parcelles.

Les opérations de sarclage et de désherbage manuel ont été réalisées respectivement sur 80% et 90% des parcelles. Le buttage à été effectif sur l'ensemble des parcelles. Les dates de sarclage ont varié de 26 à 39 jours après semis. Celles du désherbage manuel ont varié de 20 à 44 jours après semis. Sept parcelles sur dix ont bénéficié de meilleures conditions pluviométriques au moment des semis. Les conditions étaient relativement bonnes durant la maturation des plantes.

Le nombre de plants à l'hectare au moment de la pleine croissance (entre 36 458 et 53 000 plants/ha) est inférieur aux normes de densité préconisées par la recherche. Aussi, lors de la récolte le nombre d'épis de maïs à l'hectare est pour la plus part inférieur au nombre de plants mesuré au moment de la pleine végétation.

**Tableau IX: Itinéraire technique des parcelles de maïs à Kourouma**

Parcelle	Parcelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sol	Texture	S	GA	A	A	S	A	A	GA	A	A
Pluviométrie	Semis	B	M	B	M	B	B	M	TB	B	B
	Début floraison	B	TB	TB	TB	B	TB	TB	TB	TB	TB
	Début épiaison	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB
Variété	Variété	SR22	SR22	locale	locale	SR22	locale	locale	SR22	locale	locale
FO	Quantité (Kg/ha)	632	non	16301	non	non	non	non	non	5950	non
	Type	fumier	non	fumier + OM	non	non	non	non	non	fumier	non
Préparation sol	Modalité	labour	tss	labour	tss	labour	labour	labour	labour	labour	labour
Semis	Modalité	mécaniq	mécaniq	manuel	mécaniq	mécaniq	manuel	mécaniq	mécaniq	mécaniq	mécaniq
	Date	17-juin	07-juin	16-juin	06-juin	16-juin	16-juin	06-juin	11-juin	25-mai	25-mai
Démariage	Date	30jas	continu	25jas	49jas	30jas	25jas	49jas	continu	non	non
Densité (~42jas)	Pieds/ha	51916	48667	52333	53000	48125	40250	51000	36458	49583	45208
NPK	Quantité (Kg/ha)	150	46	137	10	150	137	10	46	19	19
	Date	28jas	30jas	43jas	46jas	27jas	43jas	46jas	30jas	60jas	60jas
Urée	Quantité	4	21	68	5	4	63	5	21	8	8
	Date	55jas	48jas	43jas	53jas	54jas	43jas	53jas	48jas	60jas	60jas
Sarclage	Date	27	36jas	non	39jas	26	non	39jas	36jas	32	33
Désherbage M	Date	29	37jas	42	44jas	28	non	44jas	35jas	20	20
Buttage	Date	59	48jas	43	53jas	58	43	53jas	48jas	60	60
Note enherbmt (échelle 1 à 9)	Début (~21jas)	2	4	1	2	2	2	4	2	2	3
	Pleine flo	2	3	2	2	2	2	3	3	3	4
Hauteur plants (cm)	~30jas	30	62	43	88	24	36	75	51	54	50
	Pleine flo	201	182	201	199	197	199	198	145	198	180
Rendement	Nbre épis/ha	47833	46833	51500	50000	36667	36000	40500	32000	36166	31000
	Grain (Kg/ha)	5133	4583	4533	4100	3850	3633	3517	2883	2650	1550
	Paille (Kg/ha)	4073,48	3904	4891,2	3672	3723,1	4366,66	2945,3	2498,66	1822,4	1196,1

A : argileux G : gravillonnaire SG : sablo-gravillonnaire S : sableux SA : sablo-argileux GA : gravillo-argileux M : mauvaise P : passable B : bonne TB : très bonne FO : fumure organique OM : ordure ménagère mécaniq : mécanique jas : jour après semis enherbmt : enherbement flo : floraison nbre : nombre tss : travail du sol en sec

### 1.1.2.2. Analyse des pratiques sur le rendement du maïs (Kourouma)

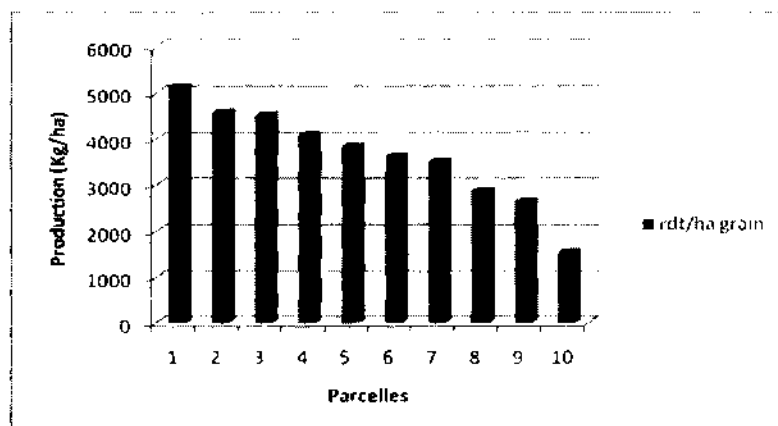
#### 1.1.2.2.1. Production de maïs (Kourouma)

Le tableau X présente le rendement moyen, maximal, minimal enregistré à Kourouma. En effet, la moyenne de maïs grain est de  $3,6 \pm 1$  t/ha, le maximal est de 5,1 t/ha et le minimal de 1,5 t/ha. Dans ce village l'écart de production de maïs grain entre les parcelles est de 1 t/ha. Cela dénote une forte variation de production de maïs grain entre les parcelles.

**Tableau X: Statistiques simples de la production de maïs à Kourouma**

Production	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nombre épis/ha	31000,00	51500,00	40849,90	7602,12
Maïs grain (Kg/ha)	1550,00	5133,00	3643,20	1059,75
Maïs paille (Kg/ha)	1196,11	4891,21	3309,29	1170,31

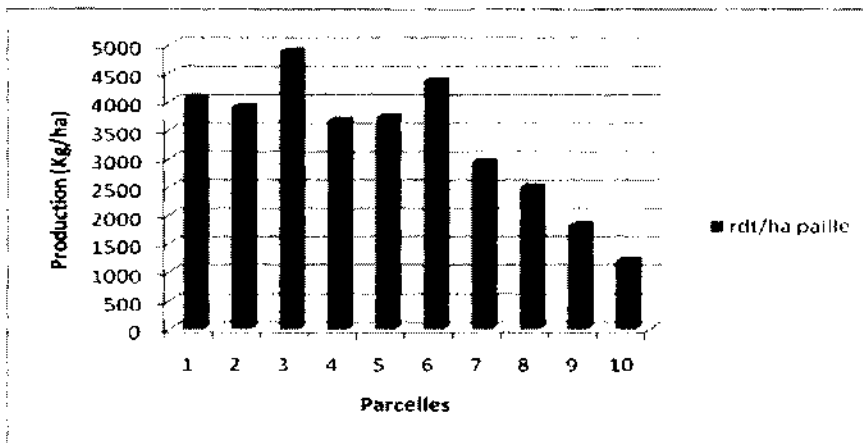
La figure 6 illustre le rendement de maïs grain enregistré sur les parcelles à Kourouma. Le maximal a été obtenu sur la parcelle 1 et le minimal sur la parcelle 10. La différence de production entre les parcelles 1 et 10 est de plus de 3 t/ha. Elle est de moins de 0,6 t/ha entre les parcelles 1 et 2.



**Figure 6 : Rendement de maïs grain en fonction des parcelles (Kourouma)**

La maximale de production de maïs paille (figure 7) a été enregistrée sur la parcelle 3 et la minimale sur la parcelle 10. Dans l'ensemble, la production de maïs paille ne suit pas celle des grains de maïs. On note une production supérieure de paille de maïs des parcelles 3 et 6 comparativement à celle de la parcelle 1.

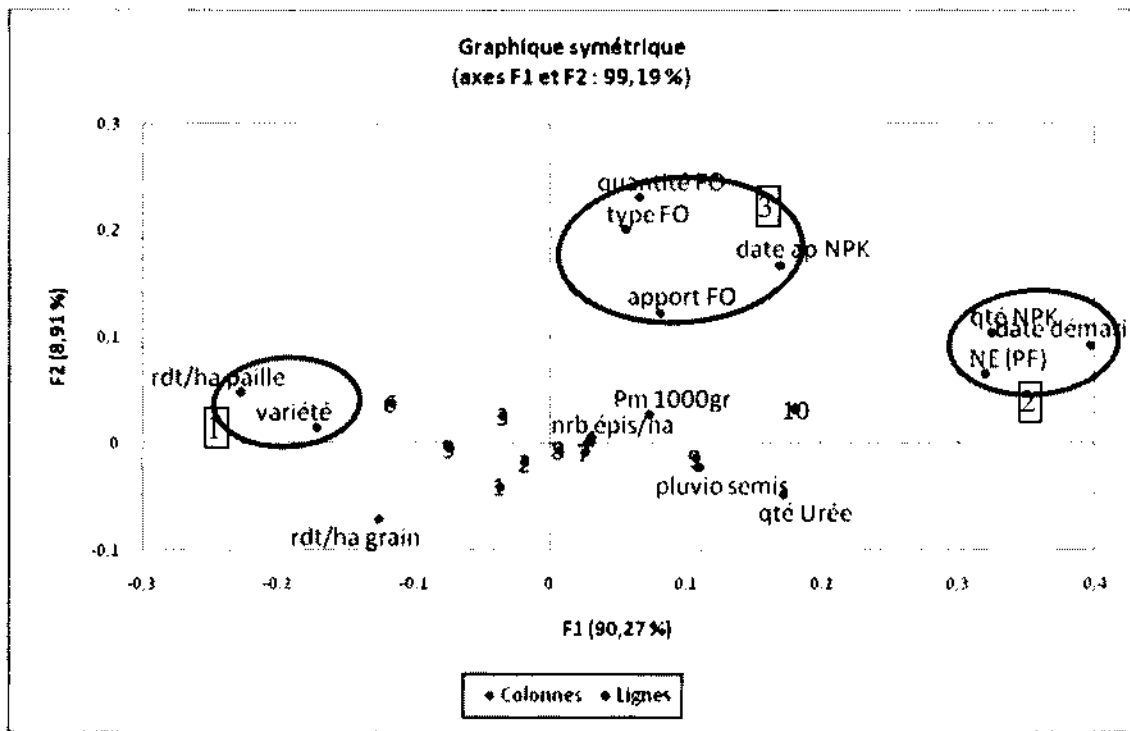




**Figure 7 : Rendement de maïs paille en fonction des parcelles (Kourouma)**

#### I.1.2.2.2. Etude des liaisons entre les variables et les parcelles de maïs à Kourouma

La figure 8 montre un alignement des variables le long de l'axe F1 avec à gauche les variables rendement paille et variété et à droite les variables quantité de NPK, date de démariage, note d'enherbement au moment de la floraison. L'axe F2 discrimine plutôt les variables rendement grain vers le bas et vers le haut date, quantité et type de fumure. Les parcelles s'étalent donc selon ces axes en fonction de leurs différentes variables. En effet, la production de maïs grain de la parcelle 1 se différencie de celle de la parcelle 2 en plus du nombre d'épis, par l'épandage de la fumure organique et les conditions de pluviométrie au moment des semis. On note une absence d'épandage de fumure organique au niveau de la parcelle 2. Aussi, au moment de l'installation des cultures, celle-ci était dans de mauvaises conditions hydriques. Sur la parcelle 3 malgré une application efficace de la fumure organique (plus de 16 t/ha) et une installation précoce et dans de bonnes conditions, on note une production inférieure par rapport aux parcelles 1 et 2. Cette situation peut être liée à l'état de la parcelle au moment de la floraison car celle-ci était inondée durant cette période et a sûrement contribué à la baisse de la production. Le rendement minimal enregistré sur la parcelle 9 malgré l'épandage de la fumure organique (5,9 t/ha) est peut être la cause du nombre d'épis et de l'application de la fumure minérale. En effet, le nombre d'épis sur cette parcelle est très faible. De plus, l'application de l'Urée et du NPK n'a pas été conséquente. La parcelle 10, en plus de la faible densité des plants et de la faible application de la fumure minérale, était enherbée durant la phase de la floraison des plants. Cette situation a peut être occasionné une faible production de maïs grain.



**Figure 8 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de maïs et variables caractérisant l'itinéraire technique (Kourouma).**

### 1.1.2.3. Discussion

De l'analyse du tableau IX et des figures 6 ; 7 ; et 8, il ressort dans cette localité que c'est une combinaison d'opérations techniques (gestion de l'enherbement, choix des variétés, apports de fumure) qui explique la variabilité des rendements. L'application raisonnée de la fumure organique constatée sur la parcelle 1 en plus de l'épandage efficiente du NPK ont influencé positivement la production de maïs grain sur cette parcelle (production de plus de 5 t/ha). Ceci s'explique sans doute par le rôle et la fonction de la matière organique (PICHOT et *al.* 1981 ; PIERI, 1986 ; LOMPO, 1983 ; SEDOGO, 1981 et DAKOUO, 1994). En effet, la matière organique est une source d'éléments minéraux assimilables par les plantes après sa minéralisation. Elle joue un rôle fondamental pour la nutrition azotée et la rétention de l'eau du sol (PIERI, 1989 et WENNINK, 1998).

L'état de la parcelle 10 (enherbé) durant la floraison en plus de la faible densité des plants et de l'application non efficiente de la fumure minérale ont occasionné une perte de production de maïs grain et paille sur cette parcelle. Ce qui illustre l'effet néfaste des adventices sur l'élaboration du rendement des cultures (KOCH et *al.*, 1986 ; VEGA, 1986). En effet, les adventices ralentissent le développement des cultures et diminuent le rendement des cultures

en absorbant à leurs dépens une partie de l'eau, des éléments minéraux, de la lumière et éventuellement de l'oxygène.

La moyenne de production de maïs grain (plus de 3,6 t/ha) obtenue au niveau des parcelles de Kourouma montre que la campagne pluvieuse a été relativement acceptable dans cette localité. De plus, sur l'ensemble des parcelles, l'installation des cultures a été effectuée précocement (dès l'installation de la saison pluvieuse) ce qui a contribué à l'amélioration de la production de maïs.

## **1.2. Analyse de la production de la biomasse épigée du cotonnier (Koumbia)**

### ***1.2.1. Cas du village de Koumbia***

#### ***1.2.1.1. Itinéraire technique sur les parcelles de cotonnier (Koumbia)***

Le tableau XI présente les résultats obtenus sur les parcelles de coton dans le village de Koumbia.

La préparation du sol a été faite sur trois parcelles à l'aide de la dent IR12 en sec et elle a consisté en un labour au niveau des autres parcelles. Dans ce village les semis ont été réalisés manuellement sur toutes les parcelles de coton sur des sols gravillonnaire, sableux, gravillo-sableux à gravillo-argileux. Deux producteurs sur les onze ont respecté les dates de semis préconisées par la recherche. Dans l'ensemble, les semis se sont étalés jusqu'au 20 juillet.

82% des producteurs ont pu réaliser l'opération de démariage des plants de cotonnier à des dates très variées. Seulement trois de ceux qui ont pu effectuer cette opération ont respecté les dates de démariage. Une seule parcelle sur les onze n'a pas bénéficié d'application du NPK. Aussi, trois parcelles sur les onze n'ont pas reçu d'urée au cours de l'évolution des plants. Les doses et dates d'application n'ont en général pas été respectées. Un seul producteur a respecté les doses d'application de l'urée (150 Kg/ha de NPK du semis au 20<sup>ème</sup> jour après semis et 50 Kg/ha d'urée au 40<sup>ème</sup> jour après semis). Deux parcelles sur les onze n'ont pas été sarclées. Aussi, le désherbage manuel n'a pas été uniformément effectif sur l'ensemble des parcelles. Cinq producteurs ont pu réaliser le buttage des plants de cotonnier. Le nombre de traitements insecticides a varié de 2 à 5 et les dates ont varié de 23 à 57 jours après semis. Toutes ces opérations n'ont pas été effectuées selon les normes recommandées par la recherche.

27% des parcelles ont bénéficié de bonnes conditions pluviométriques au moment de l'installation des cultures. En début de floraison, neuf parcelles sur onze étaient confrontées à des problèmes de stress hydrique. Lors de la pleine maturité du cotonnier, les conditions pluviométriques étaient passables sur presque l'ensemble des parcelles (dix parcelles sur onze).

En pleine végétation, le nombre de plants à l'hectare variait de 70 000 plants/ha (au dessus des normes recommandées) à 41 000 plants/ha (en dessous des normes) d'une parcelle à l'autre.

**Tableau XI: Itinéraire technique des parcelles de coton à Koumbia**

Parcelle	Parcelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sol	Texture	G	GA	SG	SG	S	G	S	SG	G	GA	SG
Pluviométrie	Semis	M	B	P	P	P	P	P	M	P	B	B
	Début floraison	T B	P	P	P	P	B	P	P	P	P	P
	Début caps	P	P	P	P	P	P	B	P	P	P	M
FO	Quantité (Kg/ha)	non	non	7083	non	non	non	non	non	non	non	non
	Type	non	non	fumier	non	non	non	non	non	non	non	non
Préparation sol	Modalité	labour	tss	labour	labour	labour	tss	labour	tss	labour	labour	labour
Semis	Modalité	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel	manuel
	Date	20-juin	24-juin	26-juin	25-juin	20-juil	03-juil	04-juil	18-juin	01-juil	28-juin	17-juil
Démariage	Date	37jas	non	10jas	28jas	21jas	38jas	29jas	34jas	20jas	non	13jas
Densité (~42jas)	Pieds/ha	49583	70000	49583	49875	67083	48125	41417	58333	56583	58041	56875
NPK	Quantité (Kg/ha)	98	100	25	25	70	24	54	120	137	non	40
	Date	38jas	34jas	36jas	36jas	23jas	40jas	30jas	41jas	45jas	non	25jas
Urée	Quantité	41	non	10	10	16	41	4	80	16	non	non
	Date	49jas	non	36jas	36jas	23jas	72jas	30jas	41jas	45jas	non	non
Sarclage	Date	35jas	34jas	35jas	35jas	20jas	37jas	28jas	32jas	25jas	jamais	jamais
Désherbage M	Date	37jas	jamais	37jas	37jas	21jas	38jas	29jas	34jas	26jas	51jas	23jas
Buttage	Date	52jas	jamais	37jas	37jas	53jas	72jas	non	non	non	non	non
Traitements insecticides	Nombre ttmt	5	2	4	4	5	3	3	4	3	2	3
	Date début	40jas	57jas	36jas	36jas	23jas	47jas	47jas	42jas	56jas	53jas	26jas
Note enherbmt (échelle 1 à 9)	Début (~21jas)	3	3	2	2	4	4	5	2	1	5	3
	Pleine flo	2	5	4	3	3	2	5	2	2	2	3
Hauteur plants (cm)	~30jas	79	15	52	55	68	32	49	18	40	10	18
	Pleine flo	79	50	69	73	86	69	81	39	63	29	33
Rendement	Nbre caps/pied	11	10	7	9	6	9	8	6	5	7	0
	Coton graine (Kg/ha)	1875	1500	1042	1042	983	883	783	750	517	500	0
	Tiges (Kg/ha)	2042	2129	1137	875	1108	1050	823	554	888	1079	0

A : argileux G : gravillonnaire SG : sablo-gravillonnaire S : sableux SA : sablo-argileux GA : gravillo-argileux M : mauvaise P : passable B : bonne TB : très bonne FO : fumure organique mécaniq : mécanique jas : jour après semis enherbmt : enherbement flo : floraison nbre : nombre tss : travail du sol en sec

### I.2.1.2. Analyse des pratiques sur le rendement du cotonnier (Koumbia)

#### I.2.1.2.1. Production de coton (Koumbia)

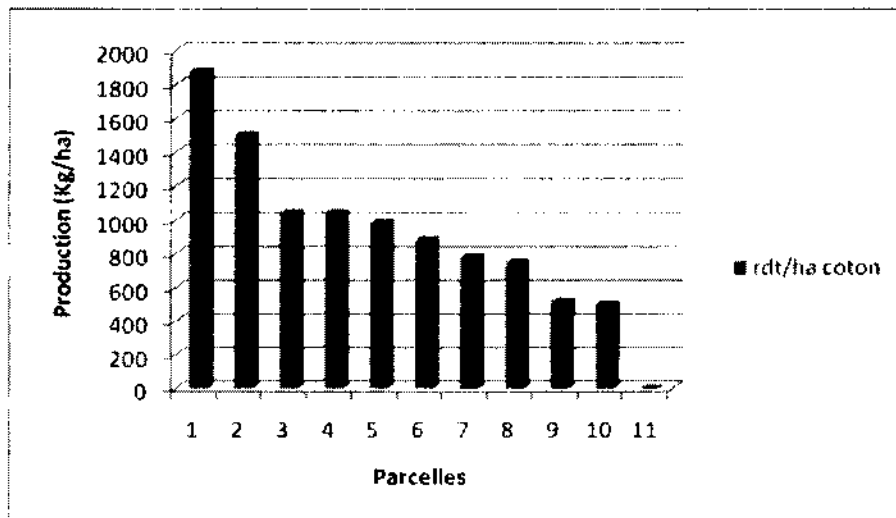
La moyenne de production de coton graine est de  $0,89 \pm 0,5$  t/ha (tableau XII). La production minimale de coton graine est de 0 t/ha, la maximale est de 1,8 t/ha.

**Tableau XII: Statistiques simples de la production de coton à Koumbia**

Production	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nombre moy cap/p	0,00	11,00	7,09	2,98
Coton graine (Kg/ha)	0,00	1875,00	897,66	501,07
Coton tiges (Kg/ha)	0,00	2129,16	1062,26	601,27

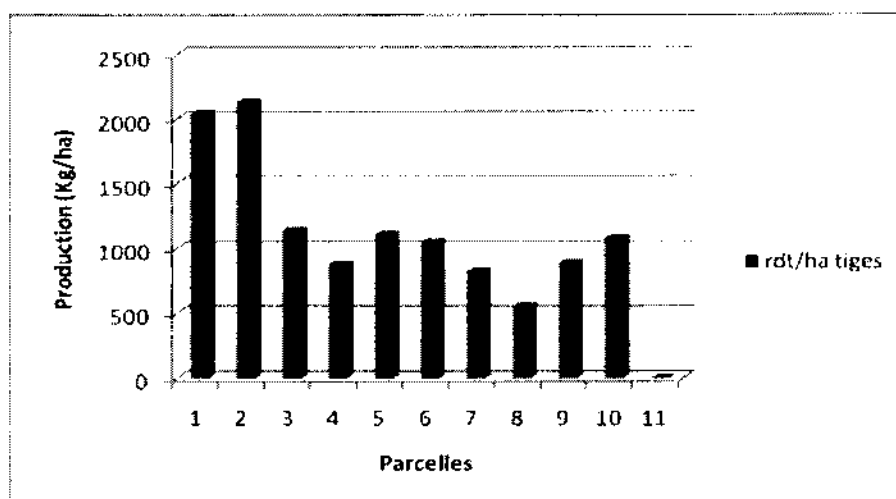
moy cap/p : moyen de capsule par pied

La figure 9 illustre la variation de la production de coton graine en fonction des parcelles. On note une baisse importante de production de coton graine entre les parcelles 1, 2 et les autres parcelles. En effet, entre la parcelle 1 et 2 la différence de production de coton graine est de 0,8 t/ha. La baisse se fait plus sentir au niveau de la parcelle 10 où la production a été nulle. Sur les parcelles 3 et 4 on a enregistré une production identique de coton graine.



**Figure 9 : Rendement de coton graine en fonction des parcelles (Koumbia)**

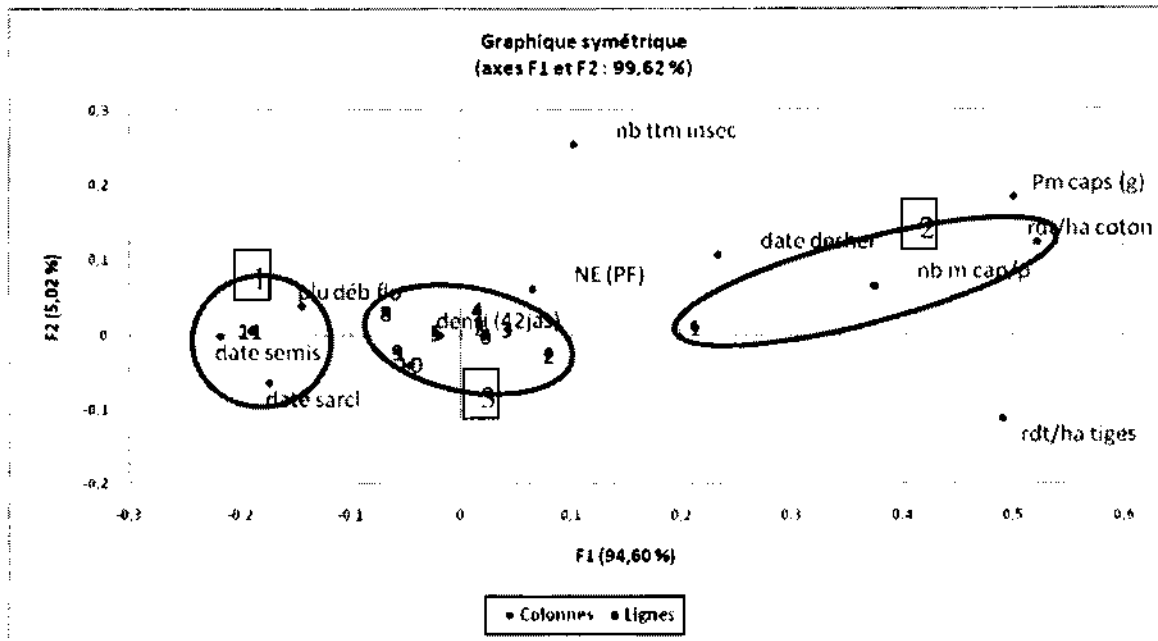
La production de coton tiges n'a pas suivie celle de coton graine (figure 10). En effet, la parcelle 2 a enregistré légèrement plus de tiges de coton que celle 1. Egalement, on note une baisse importante de production de tiges entre les parcelles 1, 2 et les autres. La différence de production entre les parcelles 2 et 3 est pratiquement d'une tonne à l'hectare. Entre les parcelles 3, 5, 6 et 10, la production de coton tiges n'a pas énormément variée.



**Figure 10 : Rendement de coton tiges en fonction des parcelles (Koumbia)**

#### I.2.1.2.2. Etude des liaisons entre variables et parcelles de coton (Koumbia)

L'AFC (figure 11) montre un étalement des parcelles le long de l'axe F1 avec tout à gauche la parcelle 11 et les variables dates de semis, date de sarclage et les conditions pluviométriques en début de floraison et plus à droite la parcelle 1 et les variables de rendement (nombre moyen de capsule par pied, rendement coton graine par hectare,...). Les variables densité de plants et l'enherbement des parcelles durant la floraison semblent permettre d'expliquer plus finement la répartition des parcelles situées entre ces deux extrêmes. En effet, l'obtention de production nulle de coton graine sur la parcelle 11 peut se justifier par la mise en place très tardive des cultures et l'absence de sarclage. De plus, la mauvaise pluviométrie durant la floraison a contribué négativement à la production sur cette parcelle. La différence de production entre la parcelle 1 et les autres parcelles se situe au niveau de la date de semis et des conditions pluviométriques durant la floraison. En effet, sur cette parcelle on note une mise en place précoce des cultures ce qui a favorisé la coïncidence de la phase de floraison avec une relative bonne condition pluviométrique. En faisant la comparaison entre la parcelle 11 et la parcelle 5, on note que celle 5 (avec une production de 0,9 t/ha de coton graine) a été semée 3 jours après celle 11. Cette situation peut s'expliquer sans doute par le respect des dates de sarclage, désherbage manuel et par le nombre (5 traitements) et la date de début des traitements insecticides (23 jours après semis).



**Figure 11 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de coton et variables caractérisant l'itinéraire technique (Koumbia).**

### 1.2.1.3. Discussion

Les résultats présentés aux tableaux XI, XII et figures 9, 10 et 11 montrent l'impact des modes de conduites des parcelles sur la production de coton. En effet, la meilleure production de coton graine enregistrée au niveau des parcelles de Koumbia est 1,8 t/ha. Cette production maximale a été possible grâce à une mise en place précoce des cultures et une relative faible application de la fumure minérale. Mais il faut souligner que les conditions pluviométriques (bonnes durant la floraison des plants sur cette parcelle) ont influencé positivement la production sur cette parcelle.

L'obtention de production nulle au niveau de la parcelle 11 est la conséquence d'un semis tardif accentuée par l'absence ou l'inexactitude des pratiques culturales de production. Ce phénomène a été amplifié du fait de poches de sécheresse observées aux alentours de la floraison du cotonnier entraînant ainsi une abscission des boutons floraux. Cette situation a engendrée une perte de la production de coton graine. Des résultats similaires ont été rapportés après des expérimentations en milieu réel et en station de recherche par DAKOUO, (1995) ; CRETENET et al. (2002) ; TRAORE et al. (2006). En effet, les stress hydriques diminuent l'activité photosynthétique du cotonnier, donc limitent la fourniture d'assimilats aux boutons floraux. Il faut signaler que les semis précoces permettent une meilleure implantation des racines qui aura pour avantage de résister à la sécheresse (VILAIN, 1989).



Malgré l'application de la fumure organique au niveau de la parcelle 3 on a noté une production quasiment identique à celle de la parcelle 4. Cette situation est attribuable à l'enherbement de la parcelle 3 au moment de la floraison car elle était plus enherbée que celle de la parcelle 4. DAKOUO (1989), a noté que dans les conditions de culture au Burkina, la concurrence des mauvaises herbes se traduit par des pertes de rendement de l'ordre de 150-200 Kg de coton graine par hectare pour chaque décade de retard de sarclage après le délai d'intervention normale. D'après VEGA (1986), les mauvaises herbes diminuent le rendement des cultures en absorbant une partie de la lumière, de l'humidité et des éléments minéraux du sol au détriment des plantes cultivées.

## ***1.2.2. Cas du village de Kourouma***

### ***1.2.2.1. Itinéraire technique sur les parcelles de cotonnier (Kourouma)***

Le tableau XIII présente les résultats obtenus sur les parcelles de coton dans le village de Kourouma.

La préparation du sol a consisté en un travail du sol en sec sur une parcelle (parcelle 2). Sur les autres, elle a consisté en un labour. Dans l'ensemble, les semis ont été réalisés mécaniquement sur des sols argileux à sablo-argileux selon les normes de dates préconisées par la recherche.

Le démariage des plants de cotonnier a été effectif sur l'ensemble des parcelles. Toutes les parcelles ont bénéficié de l'application du NPK à des doses variées et non conformes à celle recommandée. Aussi, une seule parcelle sur les quatre a reçu un épandage d'urée au cours de l'évolution des plants. Les recommandations de doses et dates d'application n'ont en général pas été respectées. Toutes les parcelles ont été sarclées, désherbées et buttées. Le nombre de traitement insecticide et la date de début n'ont pas été respectés sur l'ensemble des parcelles.

Deux parcelles sur les quatre ont bénéficié de bonnes conditions pluviométriques au moment de l'installation des cultures. Lors de la maturation du cotonnier, les conditions pluviométriques étaient relativement bonnes sur l'ensemble des parcelles.

En pleine végétation, le nombre de plants à l'hectare variait de 50 450 à 42 583 plants/ha (en dessous des normes) d'une parcelle à l'autre.

**Tableau XIII: Itinéraire technique des parcelles de coton à Kourouma**

Parcelle	Parcelle	1	2	3	4
Sol	Texture	A	SA	SA	A
Pluviométrie	Semis	B	M	M	B
	Début floraison	TB	TB	TB	TB
	Début caps	TB	TB	TB	TB
FO	Quantité (Kg/ha)	680	non	non	non
	Type	fumier	non	non	non
Préparation sol	Modalité	labour	tss	labour	labour
Semis	Modalité	mécaniq	mécaniq	mécaniq	mécaniq
	Date	12-juin	02-juin	02-juin	12-juin
Démariage	Date	continu	15jas	15jas	continu
Densité (~42jas)	Pieds/ha	42875	50450	43400	42583
NPK	Quantité (Kg/ha)	7	121	121	7
	Date	15jas	40jas	40jas	15jas
Urée	Quantité	non	43	non	non
	Date	non	40jas	non	non
Sarclage	Date	23jas	34jas	34jas	23jas
Désherbage M	Date	25jas	34jas	34jas	25jas
Buttage	Date	67jas	68jas	68jas	69jas
Traitements insecticides	Nombre ttmt	3	5	5	3
	Date début	45jas	40jas	40jas	45jas
Note enherbmt (échelle 1 à 9)	Début (~21jas)	4	3	3	5
	Pleine flo	2	3	3	2
Hauteur plants (cm)	~30jas	66	29	37	52
	Pleine flo	97	58	71	60
Rendement	Nbre caps/pied	14	12	9	9
	Coton graine (Kg/ha)	2317	1983	1850	1417
	Tiges (Kg/ha)	4515	2998	3138	2018

A : argileux SA : sablo-argileux M : mauvaise B : bonne TB : très bonne FO : fumure organique nbre : nombre mécaniq : mécanique jas : jour après semis enherbmt : enherbement flo : floraison tss : travail du sol en sec

### I.2.2.2. Analyse des pratiques sur le rendement du cotonnier à Kourouma

#### I.2.2.2.1. Production de coton (Kourouma)

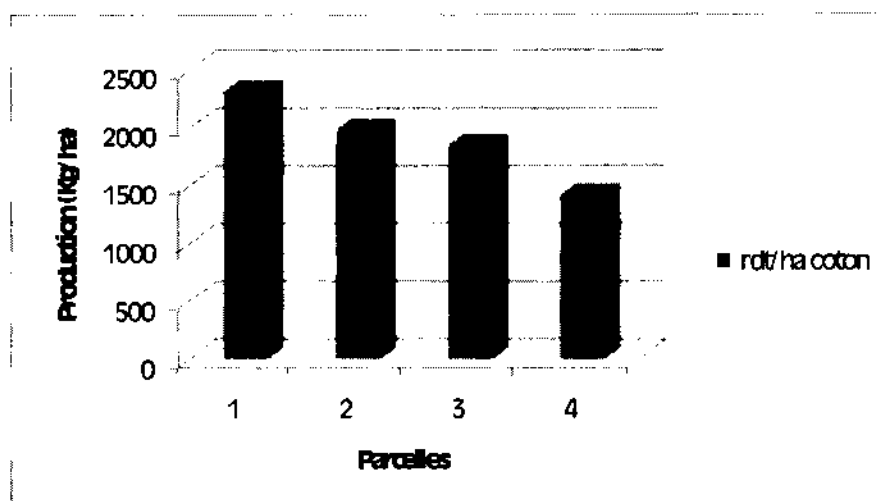
Le tableau XIV présente la production moyenne, maximale, minimale enregistrée à Kourouma. En effet, la moyenne de production de coton graine est de  $1,9 \pm 0,3$  t/ha, la maximale est de 2,3 t/ha et la minimale de 1,4 t/ha. L'écart type de la production de coton graine est moindre par rapport à celui de Koumbia.

**Tableau XIV: Statistiques simples de la production du coton à Kourouma**

Production	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nombre m cap/p	9,00	14,00	11,00	2,44
Coton graine (Kg/ha)	1417,00	2317,00	1891,75	372,51
Coton tiges (Kg/ha)	2018,33	4514,99	3167,49	1027,26

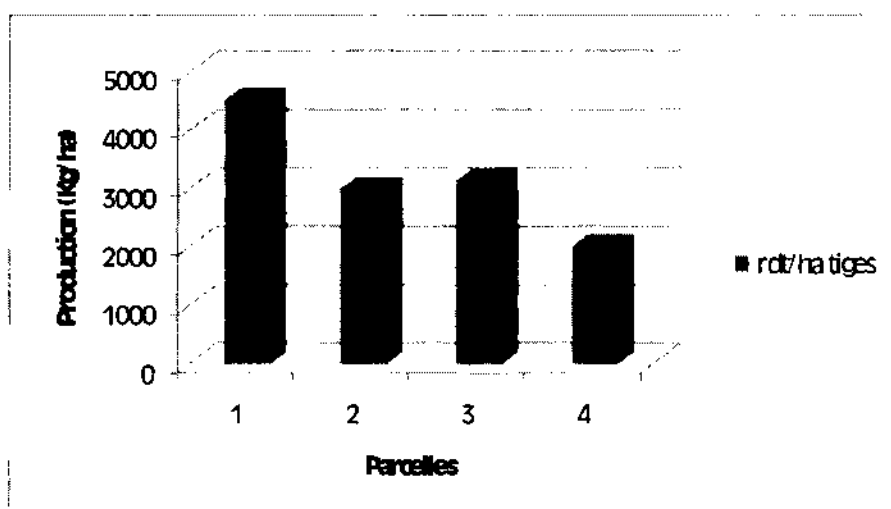
moy cap/p : moyen de capsule par pied

La figure 12 présente la production de coton graine en fonction des parcelles au niveau du village de Kourouma. L'écart de production entre les parcelles 2 et 3 est relativement faible (0,1 t/ha).



**Figure 12 : Rendement de coton graine en fonction des parcelles (Kourouma)**

La production de coton tige suit à peu près celle de coton graine. Mais on note une production moindre de coton tige de la parcelle 2 par rapport à celle 3 (figure 13).

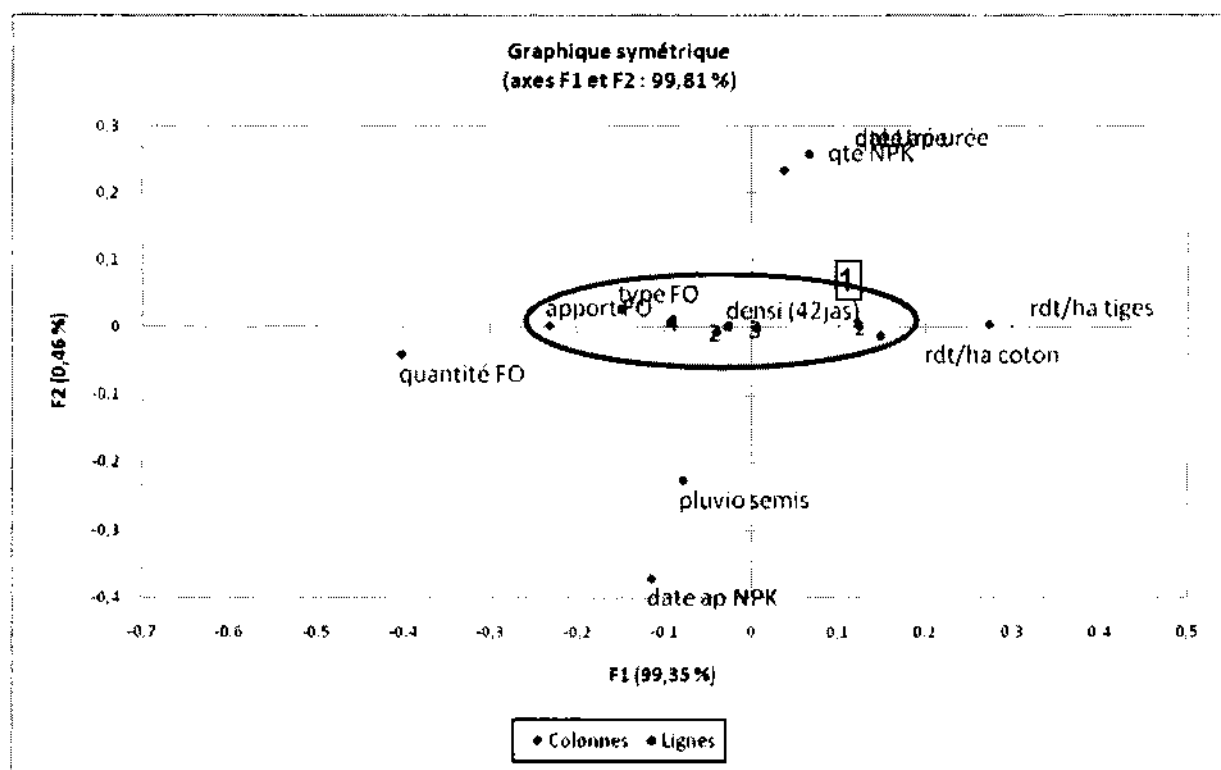


**Figure 13 : Rendement de coton tiges en fonction des parcelles (Kourouma)**

#### 1.2.2.2.2. Etude des liaisons entre variables et parcelles de coton à Kourouma

La figure 14 montre un regroupement des parcelles en fonction de l'apport, du type de fumure organique, de la densité des plants et du rendement en coton graine. Elle met ainsi en relation l'effet de la fumure organique sur la production de coton graine. En effet, seule la parcelle 1 a

reçu un épandage de fumure organique d'une manière raisonnée. Cette situation s'est traduite par une meilleure production de coton graine sur cette parcelle comparativement aux autres parcelles où la fumure n'a pas été appliquée. La différence de production de coton graine entre la parcelle 2 et 3 peut s'expliquer par l'application de l'urée au niveau de la parcelle 2. Cette situation a favorisé une production de plus de coton graine sur cette parcelle comparativement à celle 3. L'application non efficiente de la fumure minérale sur la parcelle 4 a entraîné une production moindre de coton graine par rapport aux autres parcelles.



**Figure 14 : Représentation graphique (AFC) des liaisons entre parcelles de coton et variables caractérisant l'itinéraire technique (Kourouma).**

### 1.2.2.3. Discussion

Du tableau XIII, il ressort que l'application raisonnée de la fumure organique a influencé positivement la production de coton graine au niveau de la parcelle 1. Ces résultats sont en accord avec ceux de PICHOT *et al.*, (1981); PIERI, (1986); LOMPO, (1983); SEDOGO, (1981) et DAKOUO, (1994). Aussi, les doses d'application de la fumure minérale ont varié d'une parcelle à l'autre et ont occasionné une faible production sur la parcelle 4. Entre les parcelles 2 et 3, la différence de production peut s'expliquer par la densité des plants à l'hectare et les doses d'application d'urée. Sur la parcelle 2 la densité des plants à l'hectare au moment de la croissance était supérieure à celle de la parcelle 3. Egalement, la parcelle 2 a

enregistré un épandage d'urée contrairement à celle de la parcelle 3. Cette situation a permis plus de production de coton graine de la parcelle 2 que celle 3. En effet, l'azote a une influence à court terme sur la production de biomasse. Elle favorise un développement rapide et une croissance des plants de cotonnier car l'urée est le plus souvent apportée au moment où la plante a le plus besoin. De plus, elle stimule l'action des micro-organismes et augmente le rythme de minéralisation de la matière organique (DELVILLE, 1996).

### ***1.3. Conclusion partielle***

Au terme de cette première partie, nous pouvons donc dire que les modes de conduite des cultures par les producteurs sont les principaux facteurs explicatifs de variation de production en milieu réel. Ce qui confirme notre hypothèse de départ. En effet on a noté sur les parcelles de maïs et coton à Koumbia que les dates tardives de semis occasionnent des chutes importantes de production de maïs grain et coton graine. De plus, la faible densité des plants constatée sur les parcelles de maïs a influencé négativement la production de maïs grain. A Kourouma, les productions de maïs grain et coton graine ont été influencées par les doses de fumure minérale, organique et par la densité des plants au niveau des parcelles de maïs. DORE et *al.* (2006), soulignent que le rendement d'une culture est le résultat d'un ensemble de processus physiologiques successifs influencés par les pratiques qui aboutissent finalement à la production de la culture. Ils ajoutent de ce fait que le rendement se constitue au cours du cycle cultural par un jeu d'interactions entre le peuplement végétal et les conditions de milieu rencontrées par celui-ci. Ces interactions elles-mêmes sont affectées par les interventions culturales.

Entre les villages, on note une grande différence de production de maïs grain et coton graine. En effet la moyenne de production de maïs grain a été de 3,6 t/ha à Kourouma alors qu'elle a été de 1,3 t/ha à Koumbia soit une différence de 2,3 t/ha. Au niveau du coton graine, la moyenne de production a été de 1,8 t/ha à Kourouma et de 0,8 t/ha à Koumbia soit une différence de plus d'une tonne à l'hectare. Cette situation peut s'expliquer par la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie. Car à Koumbia, l'installation de la pluviométrie a été un peu plus tardive qu'à Kourouma. De plus, des poches de sécheresses sont survenues au cours de la floraison des plantes entraînant par la même occasion des pertes importantes de production de maïs et de coton surtout au niveau des parcelles semées tardivement.

Il faut cependant souligner que les types de sol entre les deux zones d'études ont aussi une influence sur les rendements. C'est ainsi qu'on a remarqué que la majorité des sols à Kourouma est du type argileux ou/et argilo-sableux alors qu'à Koumbia ceux-ci sont du type sableux, gravillonneux ou/et sablo-gravillonneux. Cette différence de type de sol peut aussi expliquer la différence de production observée au niveau des deux villages.

Pour terminer cette partie de l'étude, il faut souligner que les essais en milieu réel ne permettent pas toujours un contrôle des différentes variables pouvant jouer sur le rendement, contrairement à des essais en station. On a par exemple : l'hétérogénéité des sols au sein d'une même parcelle, la pente de la parcelle, la présence de certains ennemis de cultures non rencontrés sur les parcelles lors des suivis, la présence de certaines maladies parasitaires non symptomatiques, etc. Aussi, dans le but de s'insérer dans la logique d'une Recherche Action en Partenariat qui se veut simple pour la compréhension de tous les acteurs (surtout au niveau des producteurs), des analyses chimiques de sols et analyses foliaires n'ont pas été effectuées. Les résultats obtenus et les différentes interprétations restent donc à affiner.

## **II. MODES DE GESTION DE LA BIOMASSE À L'ÉCHELLE DE L'EXPLOITATION ET BILANS MINÉRAUX**

### **II.1. Modes de gestion de la biomasse à l'échelle de l'exploitation**

#### ***II.1.1. Caractéristiques des exploitations***

Le tableau XV présente les caractéristiques des exploitations enquêtées dans les villages de Kourouma et de Koumbia.

**Tableau XV: Caractéristiques de 12 exploitations enquêtées dans les villages de Koumbia et Kourouma**

Villages	N° prod	Nb actif	Sup (ha)	Nb bovin trait	Nb bovin élevage	Nb âne	Ac/eh FO	nb chr	Nb fosses		dist max chmp (Km)	surface agri/UBT (ha/UBT)	résidus stockée (Kg)	FO (2007)		parcage	confiage
									Chmp	Conc				sup ép (ha)	dose (t/ha)		
Kourouma	1	11,8	15,5	8	11	3	oui	2	2	2	6	0,75	400	5,75	3,4	non	non
	2	12,7	9,25	6	0	3	non	2	1	1	7	4	1600	4	1,6	non	oui
	3	13,2	24,25	12	100	3	oui	2	0	2	6	0,21	3000	9	2,7	oui	non
	4	5,3	4,25	2	10	1	non	1	0	1	6	0,29	1050	0,75	2,6	non	non
	5	10,2	22	10	30	2	oui	1	0	1	3	1,83	non id	2,5	4,8	non	oui
	6	7,1	11	4	4	2	non	1	0	1	5	0,65	3750	3,5	4,5	non	non
Koumbia	7	12,5	15,5	4	4	1	non	2	1	2	3	1,86	3420	5	1,6	non	oui
	8	10	14,25	6	1	0	non	2	1	1	8	1,42	600	7	1,5	non	non
	9	5,6	5,5	3	0	0	oui	1	0	1	15	1,52	1050	1	2,8	non	oui
	10	16,9	6	4	80	1	non	1	0	1	3	0,07	8250	2	8	oui	non
	11	5,4	7,5	2	2	1	non	1	0	0	10	2,27	500	-	-	non	oui
	12	13,1	4,5	4	53	2	non	2	0	1	0	0,07	5300	0,1	15	oui	non

1 asin = 0,5 UBT

N° prod : numéro producteur

Nb d'actif : nombre d'actif

Sup : superficie

Conc : concession

Dist max champ : distance maximale de la concession aux champs

Surface agri/UBT : surface agricole/ unité bovin tropical

Qté résidus stockée/UBT : quantité de résidus stockée/UBT

Ac/ec FO : achatet/ou échange de FO

Sup ép : superficie épandue en fumure organique

100% des producteurs enquêtés ont des bovins de trait et des charrettes asines ou bovines, 83% ont des bovins d'élevage. Aussi 92% des exploitants disposent au moins d'une fosse compostière au lieu d'habitation, 33% de ceux qui disposent de fosses à la concession possèdent au moins une fosse au champ. Au sein des différentes caractéristiques présentées dans le tableau XV, deux semblent permettre de réellement distinguer les systèmes de production. Il s'agit de la surface agricole par UBT et du parage, ces deux caractéristiques étant liées puisque les exploitations où les surfaces agricoles par UBT sont inférieures à 0,21 sont celles où il y a la pratique du parage.

Ainsi, deux modes de gestion de la biomasse dans les deux villages d'étude peuvent être identifiés :

- le mode de gestion duale de la biomasse ;
- et le mode de gestion duale de la biomasse avec existence de parage de troupeau.

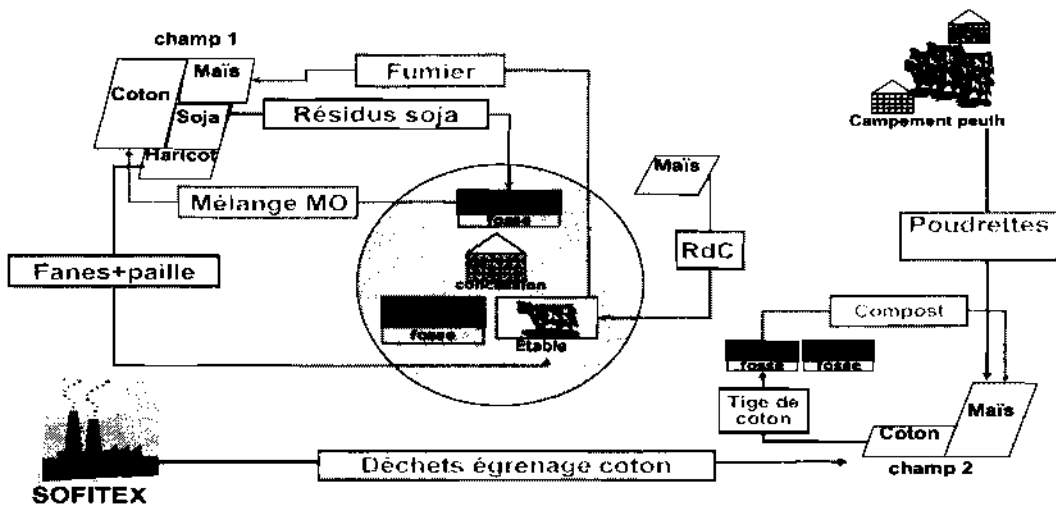
### ***II.1.2. Gestion duale de la biomasse***

Du tableau XV, il ressort que 75% des exploitations enquêtées (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 11) se situent dans cette catégorie de gestion duale de la biomasse. La figure 15 illustre les deux flux de matières végétales et animales au sein d'une des exploitations de cette catégorie. Catégorie d'exploitation qui d'ailleurs se différencie de la seconde par les effectifs des troupeaux (surface agri/UBT comprise entre 0,29 et 4) et la non pratique du parage. Les flux de biomasse se caractérisent par des prélèvements de paille de maïs, sorgho, de fanes de mucuna, niébé/haricot (1374 Kg en moyenne) qui sont stockés pour l'alimentation des animaux pendant la saison sèche chaude. Les quantités stockées varient en fonction de la taille du troupeau et de la pratique ou non du confiage. On assiste également à un prélèvement de tiges de soja et coton (en quantité suffisante pour le remplissage des fosses mais non identifiée par les exploitants) pour la fabrication du compost au niveau des fosses (concession et/ou champs). Les fosses de la concession reçoivent en plus des tiges de soja et cotonnier, du fumier issu de l'étable bovine, des ordures ménagères, et autres déchets organiques (feuilles de *Manguifera indica*, *Gmelina arborea*...). Les différents mélanges de matières organiques légèrement décomposés issus des fosses sont destinés uniquement aux soles de maïs. On note souvent des cas d'achats de déchets d'égrenage du coton (usine SOFITEX) et d'échanges de terre de parc pour l'entretien de la fertilité des parcelles en contre partie de céréales ou sacs de sels. La terre de parc est obtenue généralement dans les campements peulhs (grands éleveurs en général).



La gestion de la biomasse est duale dans le sens où les flux de biomasse correspondent à deux fonctions : l'alimentation du troupeau lors de la saison sèche et la production de fumure organique pour le maintien de la fertilité des sols de l'exploitation.

Malgré la diversité de matières organiques pour l'amendement des parcelles, nous avons trouvé que la dose appliquée était inférieure à celle recommandée par la recherche. La moyenne tourne autour de 2,5 tonnes à l'hectare tous les deux/trois ans. Cet amendement se fait sur à peu près 2 ha sur 7 ha de la superficie totale.



MO : Matière organique

**Figure 15: Gestion duale de la biomasse**

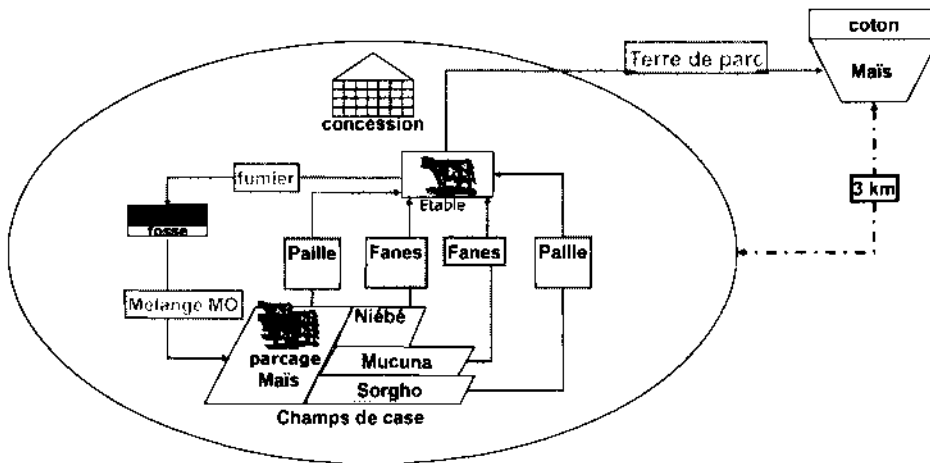
### *II.1.3. Gestion duale de la biomasse avec présence de parcage*

Des exploitations, on notifie que 25 % de celles enquêtées (exploitations 3, 10 et 12) se situent dans ce type de gestion de la biomasse. La figure 16 montre une catégorie de producteurs qui possède un nombre conséquent de bovins (60 au minimum et surface agri/UBT entre 0,07 et 0,21) ayant des champs de case (champs situés aux alentours de la concession) et des champs de brousse (champs éloignés de la concession). Généralement le troupeau est localisé la nuit au lieu d'habitation et pâture les champs de cultures, les brousses durant la saison sèche. Il pâture uniquement les brousses en saison des pluies.

Les flux se caractérisent essentiellement par des prélèvements de paille de sorgho, maïs, de fanes de niébé, mucuna (382Kg/UBT en moyenne) stockés dans la concession ou aux abords. Ces fourrages servent d'habitude à alimenter les vaches allaitantes, les veaux, les animaux malades, etc. durant la saison sèche. Le fumier issu de l'étable bovine est déversé dans les fosses avant d'être apporté sur les parcelles (champs de brousse généralement). L'existence de

parcage nocturne au niveau des champs de case (durant une grande période de la saison sèche) ou des champs de brousse (pendant quelques jours) constitue l'autre pratique d'apport de fumure organique. Cela est possible grâce à la grande taille du troupeau. En fin de saison sèche, une partie de la terre de parc issue du parcage nocturne au niveau des champs de case est souvent apportée sur les parcelles des champs de brousse. Le reste est incorporé directement aux sols lors de la préparation des champs de case pour les semis.

La notion de « gestion duale avec existence de parcage » découle de cette triple gestion de la biomasse au sein de l'exploitation. Primo, on a le prélèvement des résidus de récolte pour l'alimentation des animaux, secundo, le recyclage des résidus par les animaux et production de fumure organique (avec passage en fosse) puis enfin le parcage nocturne des animaux dans les parcelles à une certaine période. Les deux dernières fonctions visent au maintien de la fertilité des terres cultivées. L'apport de matière organique dans les parcelles se fait régulièrement (chaque année) chez cette catégorie de producteurs sur à peu près 1 ha sur 4 ha de la superficie totale. Cet apport de matière organique dépasse généralement les doses recommandées par la recherche.



MO : matière organique

**Figure 16: Gestion duale de la biomasse avec existence de parcage**

#### **II.1.4. Discussion**

L'examen de la figure 15 à travers les différents flux, montre une valorisation des résidus de culture à l'échelle de l'exploitation mais la production de matière organique associée reste perfectible. En effet, la dose moyenne d'application de la fumure organique (inférieure à 2,5 tonnes/ha) est en deçà de la norme recommandée par la recherche. Chaque année, cette catégorie de producteur fume à peu près en moyenne 2 ha sur 7 ha de la superficie cultivée

totale. Ces faibles apports sont liés à la taille du troupeau, la disponibilité en main d'œuvre et le fait que les producteurs ne restituent la fumure organique à leurs terres que lorsqu'ils observent une baisse de la production. En effet, le nombre d'actif dans cette catégorie de producteurs est compris entre 5,3 et 12,7 ce qui ne facilite pas le transport de la biomasse des champs à la concession et vice versa. Le transport de la biomasse cause d'énormes difficultés dans cette catégorie de producteurs. Les producteurs ne disposent généralement que d'une seule charrette ou deux (rarement), et ont souvent des champs éloignés de la concession. Cette situation entraîne souvent sinon toujours une application non efficiente de la fumure organique également observée chez les autres types de gestion de la biomasse. DELVILLE (1996), dans une étude menée en zone soudano-sahélienne avait trouvé que la première contrainte qu'impose l'utilisation de fumier ou de compost était liée au transport. Pour lui, l'usage massif d'apports organique est impossible sans charrette.

Pour le mode de gestion duale de la biomasse avec présence de parcage, on note une valorisation des résidus de récolte pour l'affouragement du bétail. Aussi, on a une application efficiente et régulière de la fumure organique sur les champs. Les problèmes d'équipement et de main d'œuvre sont les mêmes que pour le mode précédent seulement l'existence du parcage permet de lever ces contraintes. Les doses appliquées sont généralement supérieures aux normes requises. Cette situation est rendue possible grâce à la grande taille du troupeau et sa localisation, à la localisation des champs (champs de case en majorité) et au transfert de matière organique par le bétail depuis les surfaces de pâtures (parcours, résidus de cultures des parcelles externes à l'exploitation) vers les champs de case. On note chez certains producteurs la pratique de l'embouche bovine ce qui contribue à accroître la disponibilité de la fumure organique. Ces résultats sont en accord avec ceux de BATIONO et *al.* (1993), BORO (2000), qui avaient trouvé que la production de fumier dépend avant tout des effectifs de ruminants par exploitation qui, permet des apports extérieurs de matières organiques venant des pâturages naturels et/ou des zones de culture. Et ce, en raison du mode de conduite des animaux qui consiste à les laisser paître pendant la journée et à les garder la nuit dans les enclos ou parqués sur les champs. Mais il faut noter que malgré la valorisation complète des résidus de récolte, le fourrage reste toujours insuffisant et de faible qualité pour assurer les besoins en entretien des animaux durant la saison sèche. LHOSTE et *al.* (1993) à cet effet affirmaient que les pailles de céréales sont des fourrages très pauvres car elles ont une très faible teneur en matières azotées, en glucides solubles et en minéraux essentiels.

Par ailleurs, les entretiens avec les producteurs ont mis en évidence un début de prise de conscience de la majorité d'entre eux quant à la gestion de la fertilité des terres du fait notamment du contexte d'augmentation du prix des intrants sur le marché et de la baisse de la productivité des terres. En effet, les producteurs de coton/maïs avaient pris l'habitude de gérer la fertilisation de leurs cultures avec l'engrais minéral qui était très accessible (disponibilité et en coût) jusqu'à ces dernières années. Ils n'avaient donc pas d'incitation forte à valoriser la fumure organique malgré la disponibilité de celle-ci. La diversité des types de gestion montre que cela est entrain d'évoluer. Cependant, il ressort que ces types de gestion favorisent très peu d'échange de fumure organique entre exploitations. On peut donc dire qu'avec la hausse du prix des intrants, la tendance ira probablement de plus en plus à une appropriation stricte des résidus et de la fumure organique produite ou à des ventes.

Il convient de souligner que les différentes fumures organiques issues des fosses (concessions et champs) n'ont pas la même qualité et composition minérale et pour cause, les fosses localisées au niveau des champs ne reçoivent que des tiges de cotonnier et autres biomasse végétale. On n'a pas noté d'ajout de fèces ou fumier à cette biomasse végétale pour accélérer la décomposition et améliorer sa qualité minérale. Les fosses localisées à la concession reçoivent généralement plusieurs matières organiques mais les techniques de compostage sont souvent mal appliquées (absence de retournement, d'arrosages, de contrôle de la température,...). Cette situation peut entraîner une prolongation de la durée du compostage et causer ainsi d'importantes pertes d'éléments minéraux.

## **II.2. Bilan minéral apparent des différents modes de gestion de la biomasse**

Cette partie vise à comparer les bilans minéraux parcellaires compte tenu des différents modes de gestion de la biomasse identifiées (duale/duale avec existence de parcage). Nous ne présentons que les résultats des mesures et extrapolations effectués sur les parcelles de maïs. En effet le mode de gestion duale de la biomasse avec existence de parcage correspond à des exploitations où le coton n'est pas cultivé.

## II.2.1. Quantification des importations et exportations de biomasse sur les parcelles de maïs durant la saison sèche

### II.2.1.1. Evolution quantitative des résidus de maïs sur les parcelles

Les quantités de résidus de maïs baissent très rapidement sur les parcelles et sont fonction du village. En effet, dans le village de Kourouma, cette réduction est de 46% sur les parcelles suivis entre le début (novembre) et le milieu de la saison sèche (janvier), tandis qu'à Koumbia elle est de 78% sur les parcelles suivis (Figure 11). De novembre à Mars on a une réduction (sur les parcelles suivis) de 71% et 92% respectivement dans les villages de Kourouma et Koumbia. Il faut noter qu'à Kourouma, certains producteurs ont enfoui leurs résidus de maïs après la récolte des grains. Cette situation a entraîné une diminution rapide des résidus de paille dans ce village.

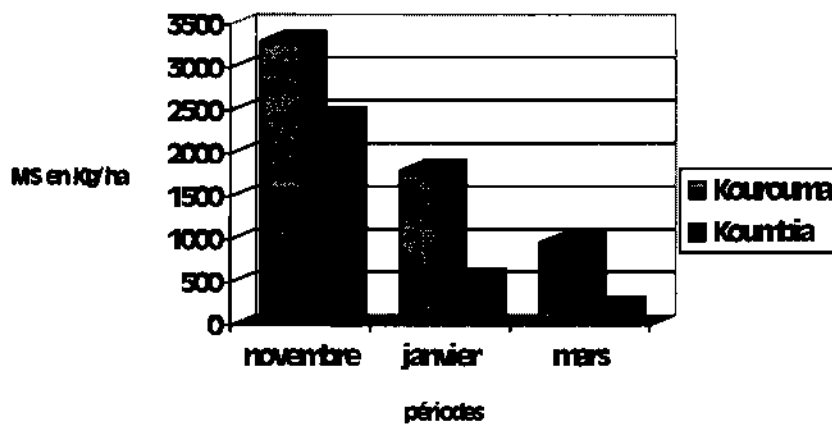


Figure 17 : Evolution quantitative de la biomasse de maïs sur les parcelles de Kourouma et Koumbia durant la saison sèche

### II.2.1.2. Autres biomasses végétales et animales présentes sur les parcelles de maïs

Le tableau XVI montre les quantités de fèces déposées par les troupeaux lors du pâturage des parcelles. On remarque ainsi une quantité plus importante de fèces en milieu de saison sèche qu'en fin de saison. Cette quantité diminue de 58 Kg/ha et 118,45 Kg/ha respectivement dans les villages de Koumbia et Kourouma. La quantité d'adventices dans les parcelles de maïs diminue entre le début de la saison sèche et le milieu de 53% à Kourouma et de 85% à Koumbia. En fin de saison sèche on remarque une disparition presque totale des adventices sur les parcelles.

**Tableau XVI: Quantités de fèces et d'adventices sur les parcelles durant la saison sèche**

<b>Biomasses</b>	<b>Villages</b>	<b>Novembre</b>	<b>Janvier</b>	<b>Mars</b>
<b>Fèces (Kg/ha)</b>	Kourouma	0	255	136
	Koumbia	0	120	62
<b>Adventices (Kg/ha)</b>	Kourouma	1781	833	0
	Koumbia	1627	247	0

### *II.2.1.3. Discussion*

La figure 17 montre une grande diminution des résidus de culture entre le début de la saison sèche (novembre) et le milieu de celle-ci (janvier). Cette forte réduction de la biomasse dans les parcelles est liée au pâturage des animaux qui prennent « d'assaut les champs » dès la fin de la récolte. Cette situation a engendré un apport de fèces dans ces parcelles mais qui reste limité en quantité (de 375 à 62Kg/ha) car très en deçà de la dose de fumure organique recommandée pour maintenir la fertilité d'un sol cultivé (tableau XVI). On note durant cette période dans les deux villages un passage de l'état des résidus de maïs sur pieds à l'état de résidus de maïs au sol. Ces résultats sont semblables à ceux de BORO (2000), qui avait trouvé dans la province de Houet, que 89,4% des résidus de maïs sont exportés des champs pour diverses utilisations. Aussi DUGUE (1985) cité par PIERI (1989), dans le Yatenga (Burkina Faso) montre que seulement 10% des résidus de certaines céréales sont restitués au sol. Le reste est destiné à diverses utilisations (complémentation d'aliment du bétail, combustion, pâturage par les animaux) ou est détruit par les termites et le feu. Mais il faut noter que certaines pratiques d'enfouissement des résidus de maïs en début de saison sèche observées à Kourouma ont contribué à cette diminution de la biomasse.

Lorsqu'on évolue vers la fin de la saison sèche, certaines parcelles de maïs sont brûlées indépendamment des producteurs. Cette pratique est la principale cause de la réduction des résidus entre le milieu de la saison sèche et la fin de la saison. En effet, le pâturage des champs de cultures par les animaux est moindre durant cette période compte tenu de la faible quantité et valeur fourragère des résidus et explique par la même occasion le plus faible nombre de déjections en fin de saison sèche. DELVILLE (1996), en zone soudano-sahélienne, avait trouvé que sur les parcours ou dans les champs sans gestion particulière, le bétail en divagation fournit moins de 150 Kg/ha de déjections sèches par hectare en fin de saison sèche. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés dans les villages de Kourouma et Koumbia. Mais il faut souligner que compte tenu de la réduction en poudre d'une partie des fèces sur les parcelles (non quantifiable), la quantité de fèces mesurée en fin de saison est sous évaluée.

### II.2.2. Bilans minéraux apparents prévisionnels pour la campagne 2008

Le tableau XVII fait ressortir pour la sole maïs, des bilans minéraux apparents prévisionnels pour la campagne 2008, négatifs pour l'azote, le phosphore et le potassium à Kourouma et Koumbia sur les parcelles où le parage n'a pas été effectué. Sur les parcelles où le parage nocturne a été pratiqué, le bilan est positif pour tous les éléments majeurs (168,8 Kg/ha de N ; 244,4 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; et 390,6 Kg/ha de K<sub>2</sub>O) (producteurs ayant un mode de gestion duale avec existence de parage des résidus).

Il convient de noter que le bilan apparent prévisionnel négatif pour tous les éléments majeurs est plus accusé sur les parcelles de maïs de Kourouma que sur celles de Koumbia où le parage n'a pas été effectué.

NB : les quantités de résidus exportées (en Kg/ha) et les quantités d'apports de fumure organique sont présentées à l'annexe 5.

**Tableau XVII: Bilans apparents prévisionnels pour la campagne 2008 (sole maïs)**

Villages		Kourouma (sans parage)			Koumbia (sans parage)			Koumbia (avec parage)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Exportations (Kg/ha)</b>	grain	69,22	24,41	21,85	19,95	7,03	6,3	27,08	9,55	8,55
	paille	21,04	2,81	32,31	23,91	3,2	36,71	25,69	3,43	39,45
	<b>total</b>	<b>90,26</b>	<b>27,22</b>	<b>54,16</b>	<b>43,86</b>	<b>10,23</b>	<b>43,01</b>	<b>52,77</b>	<b>12,98</b>	<b>48</b>
<b>Apports (Kg/ha)</b>	paille restante	20,98	2,8	28,21	3,22	0,43	4,95	0	0	0
	paille brûlée	0	0,91	10,53	0	1,16	13,37	0	0	0
	fèces	2,11	0,51	3,49	1,91	2,06	3,38	221,65	255,75	419,43
	fo (2008)	15,19	4,64	10,32	12,64	5,27	15,52	0	0	0
	<b>total</b>	<b>38,28</b>	<b>8,86</b>	<b>52,55</b>	<b>17,77</b>	<b>8,92</b>	<b>37,22</b>	<b>221,65</b>	<b>255,75</b>	<b>400,26</b>
<b>Bilans (Kg/ha)</b>		<b>-51,98</b>	<b>-18,36</b>	<b>-1,61</b>	<b>-26,09</b>	<b>-1,31</b>	<b>-5,79</b>	<b>168,88</b>	<b>242,77</b>	<b>352,26</b>

fo (2008) : apport de fumure organique en 2008

### II.2.3. Discussion

Les bilans minéraux apparents prévisionnels pour la campagne 2008 indiqués au tableau XVII, sont négatifs pour les soles maïs dans les deux villages sur les parcelles où le parage nocturne n'a pas été effectué. Cela provient de la faible restitution des résidus de récoltes transformés ou non au niveau des ces parcelles. BONDE (2007), en zone cotonnière Ouest a obtenu un bilan minéral apparent négatif avec un système de culture exportant tous les résidus de culture sans restitution organique. En référence à PIERI (1989), le déficit en éléments

minéraux majeurs observé dans la zone de savane est lié essentiellement à la non compensation des exportations minérales par les cultures, notamment dans le cas de la non restitution des pailles de céréales (sous forme de fumier ou de compost, de façon à éviter de creuser le déficit carboné des sols).

A Koumbia, certaines parcelles de maïs n'ont pas donné de rendements conséquents à cause de la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie. Cette situation a entraîné une faible exportation en éléments minéraux des grains de maïs et par conséquent un déficit en éléments minéraux moins accusé sur ces parcelles.

Du tableau XVII il ressort que sur les parcelles où le parcage nocturne a été pratiqué le bilan est positif pour tous les éléments majeurs. DUFUMIER (2002), affirmait à ce sujet que la pratique du parcage nocturne à proximité des parcelles cultivées est à l'origine d'un important transfert de fertilité depuis les pâturages indivis vers les surfaces en culture. Selon BACYE et *al.* (1998), l'apport de la poudrette de fumier permet une augmentation des teneurs en C et surtout N des sols.

Les rendements des cultures et la productivité des terres ne peuvent être maintenus à leur optimum que si l'on restitue au sol des substrats organiques en particulier la matière transformée comme le compost et le fumier. Il est donc impératif si l'on veut pérenniser la productivité des terres et maintenir le stock organique du sol à un niveau acceptable, d'intégrer la restitution de la fumure organique grâce au recyclage des résidus de récolte via le bétail.

### **III.3. Conclusion partielle**

Cette partie de l'étude a permis d'identifier les différents modes de gestion de la biomasse à l'échelle de l'exploitation : la gestion duale et celle duale avec existence de parcage. Elle a aussi permis d'identifier les différentes utilisations qui occasionnent l'évolution quantitative de la biomasse sur les parcelles de maïs durant la saison sèche via des exportations et importations de biomasse. La principale cause d'évolution de la biomasse dans les deux villages est le prélèvement des résidus par le bétail en début de saison sèche. Il convient aussi de souligner que les brûlages de parcelles ont eu un impact dans cette évolution de la biomasse au cours de la saison sèche. Enfin, cette partie de l'étude a permis de cerner les différents bilans minéraux apparents prévisionnels sur ces parcelles compte tenu des modes de gestion qui leurs sont appliqués. Les bilans minéraux apparents prévisionnels pour la sole



maïs sont négatifs sur les parcelles où le parcage n'est pas pratiqué dans les deux villages. Sur les parcelles de maïs où le parcage a été pratiqué, le bilan pour les éléments majeurs est positif. Ce qui confirme notre deuxième hypothèse de départ. Ainsi, nous pouvons donc dire que la restitution des résidus de cultures (transformés ou pas) et la pratique du parcage nocturne sont les principaux apports d'éléments minéraux à même de maintenir à un niveau acceptable le taux de matière minérale dans le sol et de contribuer par dessus tout à maintenir à un niveau optimum le rendement des cultures et la productivité des terres. Nous pouvons également dire que les transferts de fertilité se font des agriculteurs vers les éleveurs ou en d'autres termes au profit des producteurs ayant les troupeaux les plus importants.

Une plus grande et meilleure intégration de l'élevage dans ces villages à dominante agricole est à rechercher (via des contrats entre agriculteurs ne disposant pas de troupeaux et éleveurs et une meilleure valorisation de la fumure animale chez ceux en possédant). L'élevage doit avant tout permettre de recycler le maximum de biomasse qui serait dans le cas contraire perdue, mais il ne doit contribuer à dégrader les ressources naturelles ou être à l'origine de conflits sociopolitiques.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans l'ouest du pays où la répartition pluviométrique devient de plus en plus aléatoire, la pression démographique sur les terres s'accroît et les pratiques de gestion de la fertilité évoluent (disparition des jachères, coûts élevés des fertilisants chimiques, remise en cause des contrats de fumure), notre étude se devait de caractériser l'impact des pratiques sur la production de biomasse et son utilisation pour notamment maintenir la fertilité des sols. De façon spécifique il s'agissait de :

- d'évaluer l'impact des pratiques sur la production de la biomasse épiquée du maïs, du coton à l'échelle parcellaire ;
- d'étudier à l'échelle de l'exploitation les modes de gestion de la biomasse produite et leur impact sur les bilans de fertilité des parcelles.

Afin d'atteindre les objectifs visés, une démarche en deux étapes a été adoptée. La première a consisté en la détermination des facteurs limitant la production de coton et de maïs en saison hivernale. La deuxième a consisté en l'analyse de l'impact des modes de gestion de la biomasse produite sur les bilans minéraux des sols grâce à des enquêtes au niveau de 12 exploitations et à la quantification de l'évolution de la biomasse sur les parcelles de maïs en saison sèche d'autre part. Cette étude s'inscrivait dans le cadre d'une étude plus globale favorisant la Recherche Action en Partenariat (RAP).

### 1. Principaux résultats

#### 1.1 Analyse des facteurs limitant la production du maïs et du cotonnier

Cette analyse a permis de démontrer l'influence des modes de conduite des parcelles sur l'élaboration de la production du maïs et coton dans le Koumbia et Kourouma. Il ressort que la mise en place tardive des cultures a occasionné des productions nulles de maïs grain et coton graine dans le village de Koumbia. Cependant, la production de maïs grain dans les deux villages variait en fonction du nombre de plants à l'hectare. Egalement, hormis les dates et densité de semis, d'autres opérations techniques ont influencé la production du maïs. C'est ainsi qu'à Kourouma une production de plus de 5 t/ha a été réalisée grâce à un épandage raisonné de la fumure organique et un apport efficient du NPK sur la parcelle. La production du cotonnier à Kourouma a été aussi pour la plus part influencée par les doses de fumure organique et minérale.

Dans l'ensemble, la mauvaise répartition de la pluviométrie et les types de sols ont engendré des différences de production entre les deux villages. C'est ainsi qu'on a noté une différence de production de coton graine et maïs grain respectivement de 1 t/ha et 2,3 t/ha entre Kourouma et Koumbia. Cette situation est la conséquence de l'installation tardive de la pluviométrie et des différentes poches de sécheresses survenue à Koumbia au cours de la floraison des plantes. De plus, la majorité des sols à Kourouma est du type argileux ou/et argilo-sableux (sols plus aptes à l'agriculture) alors qu'à Koumbia ceux-ci sont du type sableux, gravillonneux ou/et sablo-gravillonneux.

## 1.2. Gestion de la biomasse à l'échelle de l'exploitation et bilans minéraux apparents

Cette partie de l'étude a permis d'identifier et de quantifier les différents flux de biomasse à l'échelle de l'exploitation et d'aborder les contraintes et atouts liés à la gestion de ces flux. Il ressort que, le transfert de la biomasse sert d'une part à l'alimentation du bétail, et d'autre part au maintien de la fertilité des terres. Aussi, les flux de la biomasse dépendent entre autre de plusieurs facteurs : la taille du troupeau, la pratique du parcage mais aussi le niveau d'équipement agricole (moyen de transport), l'éloignement des champs par rapport à la concession etc. Deux modes de gestion de la biomasse ont été identifiés : la gestion duale et la gestion duale avec existence de parcage

La mesure de l'évolution de la biomasse sur les parcelles de maïs durant la saison sèche a montré que la principale cause d'évolution de la biomasse dans les deux villages est le prélèvement des résidus par le bétail en début de saison sèche. En effet, la réduction des résidus sur les parcelles de maïs durant de la saison sèche (entre novembre et mars) est de 46% au niveau du village de Kourouma et de 78% à Koumbia.

Aussi, elle a montré que les bilans minéraux apparents prévisionnels sont négatifs sur les parcelles de maïs des deux villages où le parcage n'a pas été effectué. Ils étaient par contre positifs sur les parcelles de maïs où le parcage a existé. Dans l'ensemble, la non restitution des résidus de cultures (transformé ou non) influence négativement le niveau de fertilité des sols dans les deux terroirs.

## 2. Atouts et limites de la recherche

Augmenter la production agricole est un impératif pour le Burkina Faso pour assurer la sécurité alimentaire des populations dans le contexte de flambée mondiale des prix des

denrées agricoles. Les différentes connaissances acquises par cette étude permettent de rendre compte de la grande diversité en milieu réel des techniques de production de maïs et de coton à l'échelle de la parcelle. Aussi elles mettent en évidence les types de pratique des producteurs qui occasionnent une baisse de production et par conséquent les pistes à creuser pour améliorer la productivité des exploitations agricoles (meilleure maîtrise des densités de semis, augmentation des apports de fumure,...). Il est utile de souligner également que cette étude a permis la distinction à l'échelle de l'exploitation, des différents modes de gestion de la biomasse (végétale et animale) et montré l'intérêt croissant des producteurs pour la production de fumure malgré des niveaux de production encore faibles.

Les limites de la démarche peuvent cependant être soulignées. Il s'agit notamment de la taille réduite de l'échantillon caractéristique d'une Recherche Action en Partenariat (RAP). Car cette recherche se fait en partenariat avec les chercheurs, techniciens, producteurs et se veut être flexible et basée sur le volontariat. Dans cette recherche, l'expérimentation est exigeante en temps et vise surtout un meilleur apprentissage des producteurs sur les techniques innovantes de production. Elle s'applique à des échantillons d'étude limités et ne vise pas la représentativité statistique comme dans les expérimentations de laboratoire ou en station expérimentale. Une seconde limite vient du fait que les différentes compositions en éléments minéraux proposées par certains auteurs sont établies à partir d'expérimentations dans un contexte agroclimatique bien donné ; l'extrapolation en milieu réel dans notre cas doit être interprétée avec une grande prudence. Il n'a pas été possible dans le cadre de ce présent mémoire d'ingénieur, d'aborder les analyses chimiques de sols, de fumures organiques, de faire des diagnostics parasitaires,... puisque la recherche visait des indicateurs de diagnostic des pratiques simples, utilisables par les producteurs.

### 3. Suggestions

Aux vues des résultats obtenus nous pouvons formuler les suggestions suivantes :

- Une organisation de séances de formation à l'endroit des producteurs sur les techniques requises de production de maïs, coton, etc. (par exemple sur les apports de fertilisants en cohérence avec les niveaux de besoins des plantes) ;
- une démonstration en milieu réel (champs écoles) des bonnes techniques de valorisation et de recyclage de la biomasse produite ;

- une plus grande intégration de l'élevage aux activités agricoles chez les producteurs. L'élevage doit avant tout permettre de recycler le maximum de biomasse qui serait dans le cas contraire perdue, et l'agriculture doit offrir un maximum de fourrage aux animaux grâce à l'accroissement de sa production ;
- une étude complémentaire sur le stock organique des sols afin de déboucher sur un référentiel technique en terme de gestion durable de la fertilité surtout en zone cotonnière Ouest du Burkina ;
- une validation des tendances observées sur un échantillon plus grand en prenant en compte les règles de rotation des cultures dans les études en milieu réel afin de cerner le maximum de facteurs entrant dans la gestion de la fertilité des sols.

## BIBLIOGRAPHIE

- BACYE B., 1993.** Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes en zone soudano-sahélienne. (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de doctorat en sciences. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III, 243p.
- BACYE B., MOREAU R. et FELLER C., 1998.** Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu Soudano-sahélien, In « *Etude et gestion des sols* », pp83-92.
- BAFRENAH., 1998.** Etude de base du village de Kourouma, département de Kourouma province du KénéDougou, Rapport final mai 1998, 56p.
- BARRO A., TRAORE H., 1996.** Influence de la préparation du sol et du sarclage sur la production et l'enherbement du sorgho au Burkina Faso In « *Science et Technique* », Revue de la recherche au Burkina vol. 22, n°2, pp27-35.
- BATIONO A., BUERKERT A., SEDOGO M. P., CHRISTIANSON B. C. et MOKWUNYE., 1993.** A critical review of crop - residues use as soil amendement in West African semi-tropics, In « *Livestock and sustainable nutrient cycling in Mixed farming systems of sud-sahara-africa* », Volume II technical papers, pp305-322.
- BERGER M., 1996.** L'amélioration de la fumure organique en Afrique Soudano-sahélienne, Agriculture et développement, numéro hors-série 1996 CIRAD-CA, Montpellier/France, 10p.
- BERGER M., BELEM P. C., DAKUO D. et HIEN V., 1987.** Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture- élevage, In « *Coton et fibres tropicales* », n°42, pp201-211.
- BIBANG S.A., 2003.** Densité optimale de semis en fonction du maïs à maturité intermédiaire, précoce et extra précoce dans la zone Ouest du Burkina Faso. Mémoire IDR/UPB, 41p.
- BLANCHARD M., 2005.** Relations agriculture élevage en zone cotonnière : territoire de Koumbia et waly, Burkina Faso. Créteiln Mémoire DESS, Université Paris XII, Val de Marne, 63p + annexes
- BONDE B., 2007.** Effets de différents modes de gestion de la fertilité sur les exportations et le rendement des cultures dans la rotation coton-maïs-sorgho : Bilan de 25 années de travaux. Mémoire de fin d'études IDR/ UPB, 43p.
- BORO A., 2000.** Etude de la disponibilité et de la gestion des matières organiques dans le terroir de Kadoamba, province du Houet (Burkina Faso). Mémoire IDR/UPB, 51p.
- CHAMBRE DE COMMERCE, D'INDUSTIRE ET D'ARTISANAT DU BURKINA FASO, 2006.** Données économiques et sociales du Burkina Faso. Ouagadougou, CCIA.
- CIMMYT, 1991.** CIMMYT 1989/1990, réalités et tendances : potentiel maïsicole de l'Afrique Subsaharienne, Mexico, Mexique, 71p.
- CNRST et CIRAD., 1995.** Présentation du village de Kourouma, In « *Pratiques paysannes et durabilité* », Acte séminaire-atelier du 08 au 15 octobre 1995 à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 54p.
- CRETENET M., FOLLIN J.C., HAU B., HEKIMIAN LETHEVE C., JALLAS E. et RENOU A., 2002.** Les plantes textiles, In « *Mémento de l'agronome* », Ministère des affaires étrangères – CIRAD – GRET, pp1157-1183.

**DAHOU B., 2006.** Dynamique des systèmes agropastoraux dans l'Ouest du Burkina Faso : cas des relations agriculture-élevage dans le terroir de Kourouma. Mémoire de fin d'études IDR/UPB, 77p + annexes.

**DAKOUO D., 1989.** Les pertes de rendements dues aux mauvaises herbes dans la culture cotonnière au Burkina Faso, In « *Publications Scientifiques des chercheurs* ». Première conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, Togo 31 Janvier-2 Février 1989.

**DAKOUO D., 1994.** Les carences en potassium sur le cotonnier (*Gossypium hirsutum L.*) dans les systèmes de culture : cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat en sciences agronomiques (nutrition des plantes). Université de Nationale de Cote D'Ivoire, 141p + annexes.

**DAKOUO D., 1995.** Les acquis de la recherche cotonnière, In « *Publications Scientifiques des chercheurs* ». Communication présentée aux journées coton des 20 et 21 Juillet 1995 à Bobo-Dioulasso, INERA/Programme coton, 6p.

**DAKOUO D., 1991.** Le maintien de la fertilité des sols dans les systèmes de culture conduits en motorisation intermédiaire : cas de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso, 49p.

**DANCETTE C., 1984.** Contrariétés pédoclimatiques et adaptation de l'agriculture à la sécheresse en zone intertropicale, In « *La sécheresse en zone tropicale pour une lutte intégrée* ». CIRAD - GERDAT & ISRA, pp27-41.

**DELVILLE L. P., 1996.** Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel : Diagnostic et conseil aux paysans. Collection « *le point sur* », GRET - Ministère de la Coopération - CTA, 397p.

**DIALLO L., 2002.** Effet de l'engrais azote et du fumier sur les rendements du maïs. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB, 58p.

**DIALLO M., 2006.** Savoirs locaux et pratiques de conduite des troupeaux au pâturage : Elaboration d'une méthode d'étude. Mémoire de DEA IDR/UPB, 70p + annexes.

**DORE T., LE BAIL M., MARTIN P., NEY B. et ROGER-ESTRADE J., 2006.** L'agronomie aujourd'hui. Biallec/Nancy (France), 367p.

**DREP-Ouest., 2001.** Monographie province du Tuy. Bobo-Dioulasso, DREP-Ouest, 61p

**DUFUMIER M., 2002.** Les modes de mises en valeur et leurs évolutions, In « *Mémento de l'agronome* », Ministère des affaires étrangères – CIRAD – GRET, pp 411-432.

**DUGUE P., 1999.** Utilisation de la biomasse végétale et de la fumure animale : Impacts sur l'évolution de la fertilité des terres en zone de savanes. Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation. CIRAD-TERA N°57/99, 175p

**EDZANG MBA J.J., 1999.** Incidence des systèmes de cultures sur les rendements de cultures et évolution de la fertilité d'un sol ferrallitique dans l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB, 78p.

**EDZANG ONGO V., 2000.** Effet de la date d'application d'azote sur les composantes du rendement des variétés de maïs à cycle intermédiaire, précoce et extra-précoce. Mémoire de fin d'étude IDR/UPB, 47p.

**FAO., 1987.** Amélioration et production du maïs, du sorgho et du mil. Documentation FAO, 185-196pp.

**GODET G., MICHEL V., OUEDRAOGO M., DIALLO M., FOURNIER A. et GRIMAUD P., 2000.** Elevage et dynamique spatiale d'un terroir en zone cotonnière dans le

sud-ouest du Burkina Faso (Village de Kourouma), Rapport CIRAD/EMVT-CIRDES/UREEN Bobo-Dioulasso/Burkina Faso, 20p.

**HIEMA S. C., 2005.** Caractérisation et classification de lignées de maïs (*Zea mays L.*). Mémoire de fin d'études IDR/UPB, 71p.

**HIEN V., 1990.** Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de Docteur INPL, Nancy-France ; Spécialité Sciences Agronomiques ; option Agro-écologie, 149p.

**INERA, 1994.** Rapport d'évaluation externe du programme de recherches sur le coton et la culture cotonnière, In « *Publication Scientifiques des chercheurs* » Programme coton.

**INERA, 2006.** Fiche technique sur la culture du cotonnier au Burkina Faso. Programme coton.

**INSD, 2007.** Résultats préliminaires du recensement général de la population et de l'habitation (RGPH) de 2006 du Burkina Faso, 51p.

**KOCH W., BESHIR M.R. et UNTERLADSTATTER R., 1986.** Pertes de récoltes dues aux adventices, In « *Lutte raisonnée contre les mauvaises herbes : méthodes améliorées.* » Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Rome, pp228-247.

**LALBA A. et VOGNAN G., 2004.** Dynamique de l'intensification durable des systèmes de production mixtes « coton-céréales-élevage » dans l'Ouest du Burkina Faso. Atelier sur les bonnes pratiques agricoles dans l'Ouest du Burkina Faso. INERA/FAO, 31p.

**LHOSTE P., DOLLE V., ROUSSEAU J. et SOLTNER D., 1993.** Zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage. Manuel et précis d'élevage, 288p.

**LOMPO F., 1983.** Problématique de la matière organique dans la zone du plateau Mossi. Etude de la disponibilité en résidus culturaux et leur mode de transformation (Station agronomique de Saria). Mémoire de fin d'études IDR/UPB, 92p.

**PALWAL L. R., GRANADOS G., LAFITTE R. H. et VIOLIC D. A., 2002.** Le maïs en zone tropicales : Amélioration et production. Collection FAO : Production végétale et protection des plantes, n°28, 382p.

**PICHOT J., SEDOGO M.P., POULAIN J.F. et ARRIVETS J., 1981.** Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques, In « *L'agronomie tropicale* », pp122-133.

**PIERI C., 1986.** Fertilisation des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne subsaharienne, In « *L'Agronomie tropical* », pp1-20.

**PIERI C., 1989.** Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du sahara. Ministère de la coopération IRAT/CIRAD, 444p.

**PINDARD A., 2000.** La relation stress hydrique - rendement du maïs en Bresse : quelles perspectives de spatialisation ? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS). Mémoire d'Ingénieur d'Agronomie. ENESAD/CNERTA.

**PODA E., 1979.** L'amélioration du maïs pour la productivité et la valeur nutritionnelle, Etude de la prolificité en épis et des facteurs de richesse en lysine du grain. Mémoire de fin d'études, DESTOM, INRA Montpellier, 106p.



**ROY R.N., MISRA R.V., LESSCHEN J.P. et SMALING E.M., 2005.** Evaluation du bilan en éléments nutritifs du sol; Approches et méthodologies. Bulletin FAO, engrais et nutrition végétale N°14, 85p.

**SANCOULEY R., 1989.** Systèmes d'alimentations basés sur les résidus de récolte de céréales et les sous produits agro-industriels fibreux, In « *Intégration de l'élevage à l'agriculture en réponse à la pression démographique croissante sur les ressources disponibles* », CTA-Actes de séminaires 11-14 Juillet 1989 Ile Maurice, pp 181-191.

**SANOU J., 2003.** Indication pour réussir la culture de maïs, In « *Formation sur les techniques de production de semences de riz et de maïs* », FARAKOBA du 15 au 16 Juillet 2003, Sasakawa Global 2000 Burkina Faso.

**SEBILLOTE M., 1982.** Fertilité du milieu et agriculture. Conception générale du numéro. Bull. Tech. Inf. n°370-372, pp331-333.

**SEDOGO M.P., 1981.** Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse de Docteur-Ingenieur, IPL, Nancy, 195p.

**SEDOGO M.P., 1993.** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture. Incidences des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de doctorat en sciences. Université Nationale de Côte d'Ivoire, 333p.

**SEGDA Z., 1994.** La culture du maïs dans les systèmes de cultures pluviaux dans l'Ouest du Burkina Faso, In « *Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest* ». CIRAD/FSA-UNB. Acte du séminaire « *Maïs prospère* » 25-26 Janvier 1994. Cotonou, Benin, pp161-168.

**SOLTNER D., 1986.** Les bases de la production végétale. Tome I, le sol. 14<sup>ième</sup> édition. Col sciences et techniques agricoles, 464p.

**SOME L., 1989.** Diagnostic agroclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorent la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse de Doctorat en Agronomie, Université de Montpellier II, 321 p.

**TONNEAU J.P., SABOURIN E., DA SILVEIRA L.M. et SIDERSKY P., 2002.** Modélisation des flux de biomasse : une approche de la fertilité dans l'Agreste de la Paraiba (Brésil). Cahier d'étude et de recherches francophones/agriculture. Volume 11, Numero2, 127-36 du 10/10/2007.

**TRAORE O. et KOULIBALY B., 2006.** Coton biologique : Rapport d'activités de recherche 2005-2006, Programme d'activités 2006-2007. Programme coton, 37p.

**VALL E., CESAR J. et ABDOU N., 2005.** Diagnostic agropastoral de Kourouma. Document de travail CIRDES- URPAN Bobo-Dioulasso/Burkina Faso, 41p.

**VALL E., DIALLO M., BLANCHARD M., CESAR J. et POCCARD CHAPUIS R., 2006.** Situation et dynamique agropastorale des villages de Koumbia et Waly (Burkina Faso): Diversité et pratiques. Projet DCG2-50 de DURAS/ CIRDES, 46p.

**VEGA M.R., 1986.** La production végétale en l'absence totale de désherbage, In « *Lutte raisonnée contre les mauvaises herbes : méthodes améliorées* », Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Rome, pp1-9.

**VILAIN M., 1989.** La production végétale, La maîtrise technique de la production. Vol2, Technique et Documentation - Lavoisier, 361p.

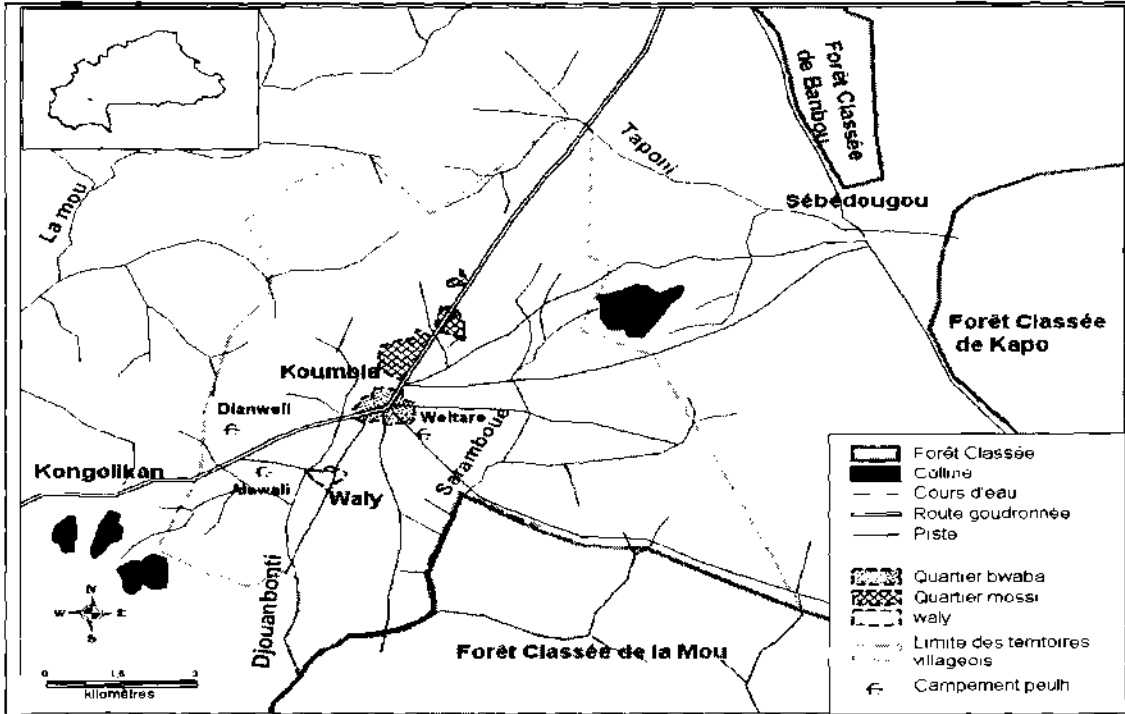
**WENNINK B., 1998.** Production du fumier à bétail en zone soudanienne. Note synthétique d'information. INRAB/CRAN/R-D, 11p.

**WEY J., 1994.** Optimisation des systèmes de culture maïsicole dans l'Ouest du Burkina Faso, In « *Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest* ». CIRAD/FSA-UNB. Acte du séminaire « Maïs prospère » 25-26 Janvier 1994. Cotonou, Benin. pp41-48.

**WEY J., 1998.** Etude de la variabilité du rendement du maïs au Burkina Faso. Thèse de Doctorat à l'Institut National Polytechnique de Lorraine (NANCY), 200p.

# ANNEXES

Annexe 1 : Carte simplifiée des villages de Koumbia et Waly



Source : (BLANCHARD, 2005)

Annexe 2 : Carte à l'échelle 1/1 000 000 de Kourouma



Source : IGB, 2000

Annexe 3 : Guide d'entretien

Date : ..... Numéro : .....  
 Nom : .... Prénom : ... Ethnie : ... Age : ... Groupement : ...

1. composition de la famille (pour actifs remplir par 0 ; 0.5 ; ou 1)

Ménage N°	Chefs ménages		Autres hommes (>15 ans)		Femmes (>15 ans)		Enfants (<15 ans)	
	Prénoms	Actifs	Prénoms	Actifs	Prénoms	Actifs	Prénoms	Actifs
Total actifs								

Nombre total bouche à nourrir : \_\_\_\_\_  
 Nombre total actifs (champs) : \_\_\_\_\_  
 Bergers : \_\_\_\_\_  
 Total actifs : \_\_\_\_\_

2. Agriculture

- Principale culture, superficie (2006/2007)

Coton : \_\_\_\_\_ ha  
 Maïs : \_\_\_\_\_ ha  
 Sorgho : \_\_\_\_\_ ha  
 Autres : \_\_\_\_\_ ha

- Equipements et matériel agricole

Année de passage à la culture attelée : \_\_\_\_\_  
 Nbre de bœufs dressés : \_\_\_\_\_  
 Nbre d'ânes : \_\_\_\_\_

Nbres de triangles : \_\_\_\_\_  
 Nbre houes manga : \_\_\_\_\_  
 Nbre autres sarcleurs : \_\_\_\_\_  
 Nbre corps butteurs : \_\_\_\_\_  
 Nbre charrettes bv : \_\_\_\_\_ pm \_\_\_\_\_ GM  
 Nbre charrettes asine : \_\_\_\_\_ pm \_\_\_\_\_ GM  
 Nbre tonnerau : \_\_\_\_\_

- Plan parcellaire (principale culture, champs et localisation- identification, type de tenure foncière)

Champs	Culture 2007	Localisation	Type de sol	Type de tenure foncière
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Avez-vous des terres en jachères ? Si oui quelle est la surface : \_\_\_\_\_ ha  
 Avez-vous des terres en réserve (jamais cultivées) ? Si oui quelle est la surface : \_\_\_\_\_ ha

- Représentation schématique du lieu d'habitation par rapport aux différents champs

• Rotation/amendement fumure organique

champs	2004/2005				2005/2006				2006/2007				2007/2008				Source / provenance
	culture	Sup (ha)	Type de FO	qté	culture	Sup (ha)	Type de FO	qté	culture	Sup (ha)	Type de FO	qté	culture	Sup (ha)	Type de FO	qté	
1																	
2																	
3																	
4																	

3. Elevage

Différents troupeaux (nb animaux par espèce)

- Bovins d'élevage :
- Chèvres :
- Moutons :
- Porcs :
- Autres :

4. Autres activités économiques

- commerces : .....
- artisanats : .....
- autres : .....

5. Flux de biomasse

• Gestion des résidus de culture (campagne écoulée)

champs	Culture	Type de prélèvement	Date	Qté ap	Destination/ But du prélèvement	Date d'ut	Destination du reste des résidus aux champs
1							
2							
3							
4							

- Gestion de la fumure animale (campagne 2007/2008)

Mode de production (poudrette, fumier, compost) :

Compost

Fosse à compost oui/non : ..... volume ap de la fosse : .....

Localisation : ..... Produits ou résidus destinés à cette fosse : .....

Destination du compost issu de la fosse : ..... Critères d'évaluation de la qualité : .....

Fumier

Etable à fumier oui/non : ..... Destination du fumier : .....

Quantité ap en fin de campagne sèche : ..... Critères d'évaluation de la qualité : .....

Poudrette

Achat de poudrette oui/non : ..... Critères d'appréciation de la qualité : .....

Quantité : ..... Modalité d'achat : ..... Provenance : ..... Destination : .....

Parcage

Existence oui/non : ... Lieux de parcage : ... Modalités de parcage (propre animaux ou contrat) : .... Si contrat, la forme (échange de vivre, monétaire...) : ... L'intérêt du parcage : ...

• Utilisation de la fumure minérale (campagne 2007/2008)

champs	Urée			NPK			Phosphate naturel			Autres		
	type	qté	Source d'ap	type	qté	Source d'ap	type	qté	Source d'ap	type	qté	Source d'ap
1												
2												
3												
4												

- Allotement et affouragement

### Hivernage : Juin 2007 / Octobre 2007

Lots	Nb	Localisation	affouragement			SPA1		
			type	qté	provenance	type	qté	provenance
Bovins femelles allaitantes								
Bovins de trait								
Bovins d'élevage								
Anes								
Ovins								
Caprins								
porcins								
autres								

### Saison sèche froide : Novembre 2007 / Février 2008

Lots	Nb	Localisation	affouragement			SPA1		
			type	qté	provenance	type	qté	provenance
Bovins femelles allaitantes								
Bovins de trait								
Bovins d'élevage								
Anes								
Ovins								
Caprins								
porcins								
autres								

### Saison chaude : Mars 2008 / Mai 2008

Lots	Nb	Localisation	affouragement			SPA1		
			type	qté	provenance	type	qté	provenance
Bovins femelles allaitantes								
Bovins de trait								
Bovins d'élevage								
Anes								
Ovins								
Caprins								
porcins								
autres								

- La sécurité alimentaire dans l'exploitation

- Votre production arrivera t-elle à vous suffire ? (oui/non) :
- Si oui, qu'allez vous faire du reste ? (vente, dons, ...)
- Si non, quel type de produits alimentaire achèteriez-vous ? où ?
- Recevez-vous souvent des dons de produits alimentaires ? (oui/non) :
- Si oui, la provenance et pourquoi :

**Annexe 4 : Formulation des données qualitatives en données quantitative pour l'AFC**

**variété:** traditionnelle 1 améliorée 2

**type de sol :** G 1 S 2 A 3 SA 4 AS 5 GA 6 AG 7 GS 8 SG 9

**pluviométrie semis:** Très bonne 1 bonne 2 passable 3 mauvaise 4

début floraison : Très bonne 1 bonne 2 passable 3 mauvaise 4

début épiaison : Très bonne 1 bonne 2 passable 3 mauvaise 4

**apport de FO 2007 :** oui 1 non 2

**type :** fumier 1 fumier+OM 2 poudrette+OM 3 non 4

**quantité 6t/ha :** inférieure à 3t/ha 1 comprise entre 3 et 6t/ha 2 6t/ha 3 sup à 6t/ha 4

**fréquence fumure :** tous les ans 1 tous les 2ans 2 tous les 3ans 3 jamais 4

**rotation :** oui 1 non 2

**préparation du sol :** labour 1 IR12 2 grattage manuel 3 aucune 4

**date semis (maïs) :** 20Mai-20Juin 1 21Juin-20juillet 2 21juillet-31juillet 3 sup au 31juillet 4

**datesemis (coton) :** 20Mai-20Juin 1 21Juin-30juin 2 01juillet-15juillet 3 sup au 15juillet 4

**date démariage :** avant 20 jrs après semis 1 20jas - 30jas 2 sup 30jas 3 non 4

**date ap NPK :** inf 15jas 1 15 - 30jas 2 sup 30jas 3 non 4

**quantité NPK(150kg/ha) :** sup ou égal 150 1 100 - 150 2 inf 100 3 non 4

**date ap Urée :** inf 30jas 1 30 - 40jas 2 sup 40jas 3 non 4

**quantité Urée maïs (100kg/ha):** 100 1 50 - 100 2 inf 50 3 non 4

**quantité Urée coton (50Kg/ha) :** 50 1 25 - 50 2 inf 25 3 non 4

**date sarclage :** inf 30jas 1 30 - 40jas 2 sup 40jas 3 non 4

**date désherbage :** inf 30jas 1 sup 30 jas 2 non 3

**date buttage :** inf 40jas 1 sup 40 jas 2 non 3

**NB :** pluviométrie Très bonne  $\geq 100\text{mm}$  ; bonne 50-100 ; passable 25-50 ; mauvaise  $\leq 25$

## Annexe 5 : Exportations/Apports minéraux en NPK

Tableau I : Exportations minérales des récoltes (grains de maïs et résidus) au niveau de Kourouma

Prod	Exportations maïs grain (Kg/ha)				Exportations paille maïs (Kg/ha)			
	Rdt (Kg/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	prod	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	2100	39,9	14,07	12,6	483,33	6,13	0,82	9,42
2	4491,66	85,34	30,09	26,94	864,67	10,98	1,46	16,86
3	3733	70,92	25,01	22,39	833,33	10,58	1,416	16,24
4	3808,5	72,36	25,51	22,85	1475,47	18,73	2,50	28,77
5	4083,33	77,58	27,35	24,49	4628,93	58,78	7,86	90,26
Moy	3643,29	69,22	24,41	21,85	1657,14	21,04	2,81	32,31

Tableau II : Apports minéraux de la matière organique pour l'année 2008 sur les parcelles de maïs (Kourouma)

Prod	Apport FO (2008)					Fecès en fin de saison sèche			
	Kg/ha	type	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	166,66	2,39	0,58	3,96
3	3688	compost	75,97	23,23	51,63	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	566,66	8,15	1,98	13,48
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moy	737,6		15,19	4,64	10,32	146,66	2,11	0,51	3,49

Tableau III : Apports minéraux des résidus de culture pour l'année 2008 sur les parcelles de maïs (Kourouma)

Prod	Paille restante en fin de saison sèche				Paille brûlée			
	Kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	1025,94	13,02	1,74	0	0	0	0	0
2	3033,33	38,52	5,15	59,14	0	0	0	0
3	2367,97	30,07	4,02	46,17	0	0	0	0
4	1833,33	23,28	3,11	35,74	0	0	0	0
5	0	0	0	0	2700	0	4,59	52,65
Moy	1652,11	20,98	2,80	28,21	540	0	0,918	10,53



Tableau IV : Exportations minérales des récoltes (grains de maïs et résidus) au niveau de Koumbia

Prod	Exportations maïs grain (Kg/ha)				Exportations paille maïs (Kg/ha)			
	Rdt (Kg/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Prod	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Parcelles de maïs sans parcage nocturne</b>								
1	1458	27,70	9,76	8,74	1467,83	18,64	2,49	28,62
2	1891,66	35,94	12,67	11,34	1901,94	24,15	3,23	37,08
3	2050	38,95	13,73	12,3	3103,22	39,41	5,27	60,51
4	1426,67	27,10	9,55	8,56	1090,92	13,85	1,85	21,27
5	0	0	0	0	789,68	10,02	1,34	15,39
6	0	0	0	0	1446,38	18,36	2,45	28,20
7	1575	29,92	10,55	9,45	4427,77	56,23	7,52	86,34
8	0	0	0	0	836,11	10,61	1,42	16,30
Moy	1050,16	19,95	7,03	6,30	1882,98	23,91	3,20	36,71
<b>Parcelles de maïs avec parcage nocturne</b>								
1	193	3,66	1,29	1,15	2079,16	26,40	3,53	40,54
2	2658,5	50,51	17,81	15,95	1967	24,98	3,34	38,35
Moy	1425,75	27,08	9,55	8,55	2023,08	25,69	3,43	39,45

Tableau V : Apports minéraux de la matière organique et des résidus de culture pour l'année 2008 sur les parcelles de maïs (Koumbia)

P	Apport FO (2008)					Fèces en fin de saison sèche					Paille restante en fin de saison sèche				Paille brûlée			
	Kg/ha	Type	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P	Kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Kg/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Parcelles de maïs sans parcage nocturne</b>																		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1733,33	0	2,94	33,79
2	0	0	0	0	0	366,66	4,76	5,49	9,01	2	900	11,43	1,53	17,55	0	0	0	0
3	6363,63	Fumier	65,54	30,54	94,81	316,66	4,55	4,74	7,78	3	0	0	0	0	3103,22	0	5,27	60,51
4	1500	Compost	30,9	9,45	22,5	116,66	1,67	1,74	2,86	4	800	10,16	1,36	15,6	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	133,33	1,91	1,99	3,27	5	333,33	4,23	0,56	6,49	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	461,53	Fumier	4,75	2,21	6,87	166,66	2,39	2,49	4,09	7	0	0	0	0	650	0	1,10	12,67
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
M	1040,645		12,64	5,27	15,52	137,49	1,91	2,06	3,38	M	254,16	3,22	0,43	4,95	685,81	0	1,16	13,37
<b>Parcelles de maïs avec parcage nocturne</b>																		
1	0	0	0	0	0	28928	376,06	433,92	711,62	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	5172	67,23	77,58	127,23	2	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	17050	221,65	255,75	419,43	M	0	0	0	0	0	0	0	0