

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué



SECO s.A
Société d'Exploitation Cotonnière de Ouangolo
Tel : 21 35 14 22 / 36 86 67 81
15 BP 301 ABIDJAN 15

**ADOPTABILITE TECHNICO-ECONOMIQUE DANS LES
SYSTEMES DE PRODUCTION DU CENTRE-NORD DE LA COTE
D'IVOIRE : LE CAS DU VILLAGE DE NAMBINGUE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIEURIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT
OPTION : EAUX**

Présenté par :

Saidou Nourou Maky TALL

Travaux dirigés par : Dr Bruno BARBIER, Agroeconomiste au CIRAD, en poste au 2iE

Jury d'évaluation du stage :

Décembre 2011

Président :

Membres et correcteurs :

Saidou Nourou Maky TALL-Master 2 Option EAU-Décembre 2011

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

*« Dans les pays du tiers monde, les paysans
Ignorants et paresseux n'existent pas car ils sont
morts depuis longtemps »*

R.Chambers

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

REMERCIEMENTS

Mes remerciements à l'ensemble des personnes qui ont participé à la réalisation de cette étude et accompagnés tout le long du stage.

Tout d'abord au Dr Bruno BARBIER pour m'avoir encadré durant cette étude et transmis sa passion pour l'agriculture;

A Julie GREEN, Dr Krishna PRASAD, Ali SOGODOGO pour l'accueil chaleureux au sein de la structure et les conseils avisés.

A l'ensemble du personnel d'encadrement agricole de SECO, aux C/A pour toutes les discussions et échanges constructifs qui ont eu lieu.

Aux paysans de Nambingué, de Ouangolo, de Diawala, de Ferké...

A tous ceux qui ont permis de transformer ce stage en une formidable aventure professionnelle et humaine.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

RESUME

La présente étude a porté sur l'adoptabilité de nouvelles technologies (fertilisation organo-minérale, variétés améliorée de coton Bt) dans un système de production du village de Nambingué. Cette localité représente une des diversités agro-écologiques qui composent la région des savanes. Nous avons élaboré une typologie des producteurs de la zone, puis procédé à une modélisation des différents types d'UP du village. Un programme mathématique linéaire écrit sur le logiciel GAMS a servi de support pour les simulations de quatre types de scénarios fondés sur un scénario de base qui décrit la situation actuelle. A partir de ce scénario on évalue trois autres niveaux d'intensification. Les résultats montrent des gains de rendement et un accroissement des revenus monétaires de 76% à 232% suivant le type d'UP. Pour faciliter l'appropriation de ces technologies par les producteurs, l'approche d'innovations agricoles doit évoluer et s'adapter aux changements intervenus dans les systèmes agraires. L'encadrement agricole devra se doter d'un système de gestion de l'information agricole, d'outils d'analyse et d'aide à la décision d'une part et d'autre part vulgariser l'information climatique pour aider les producteurs à s'adapter aux aléas du climat. Le crédit agricole devra aller au de la seule culture du coton, a minima pour les UP les plus vulnérables. Un système de suivi sanitaire pour limiter la mortalité des races bovines trypanotolérantes devra également être mis en place. Les bovins représentent dans cette zone la principale source d'énergie agricole mais également le bien dominant à travers l'importante fonction de thésaurisation que le bétail exerce.

Mots clés : UP, GAMS, scénario d'intensification, revenus monétaire, innovation agricole.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

ABSTRACT

This study focused on the adoptability of new technologies (organo-minéral fertilizer, variety of Bio-technological (Bt) cotton) in a production system in the village of Nambingué near Ouangolodougou, rural town of the department of Ferkessedougou. This town represents an agro-ecological diversity that makes up the Savannah region. This town represents an agro-ecological diversity that makes up the savannah region. We have developed a typology of the producers in the area and conducted a modeling of different types of PU village. A linear mathematical program written in the GAMS software was used to support the simulations of four types of scenarios based on a baseline scenario that describes the current situation. From this scenario it is estimated three levels of intensification. The results show efficiencies and increased cash income from 76% to 232% depending on the type of PU. To facilitate the appropriation of these technologies by producers, the approach to agricultural innovation must evolve and adapt to change in farming systems. The agricultural extension should adopt a management system of agricultural information; tools for analysis and decision support on the one hand and also disseminate climate information to help producers to adapt to the vagaries of climate. Agricultural credit should not go to the cotton only, at least for the most vulnerable PU's. A health monitoring system to reduce the mortality of cattle breeds caused by trypanomiasis should also be established. Cattle in this area are the main source of farm power but also the good dominant through the important function of hoarding.

Keyword: adoptability, PU, intensification scenario, agricultural information, trypanomiasis

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

LISTE DES ABREVIATIONS

ANADER : Agence National d'Appui au Développement Rural

CES : Conservation des Eaux et des Sols

CFDT : Compagnie Française pour le Développement des Textiles

CIDT: Compagnie Ivoirienne pour le Développement des Textiles

CIRAD : Centre de Coopération International de Recherche en Agronomie pour le Développement

FAO: Food and Agricultural Organization

FIT: Front Intertropical

GAMS: General Algebraic Modeling System

GES: Gaz à Effet Serre

GIEC : Groupe International d'Expert sur le Climat

OPA : Organisation professionnelle Agricole

PL : Programmation Linéaire

PU : Production Unit

SECO : Société d'Exploitation Cotonnière de Ouangolo

SIG : Système d'Information Géographique

UP : Unité de Production

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique du Centre nord (zone d'étude)	7
Figure 2: Schéma d'une toposéquence en pays Sénoufo : (Roose, 1979)	9
Figure 3: Fréquence d'utilisation des techniques de gestion des sols à Nambingué	22
Figure 4: Calendrier agricole simplifié (à partir de suivis agricoles)	24
Figure 5: Emissions annuelles de GES dans le monde de 1970 à 2004	26
Figure 6: Evaluation spatio-temporelle des précipitations en Côte d'ivoire et le golf de guinée au cours des décennies 1950 1960 1970 1980	Error! Bookmark not defined.
Figure 7: Evolution de la pluviosité à Ouangolodougou	29
Figure 8: Evolution du taux de semis du mois de Juillet en 10 ans	30
Figure 9 : Mécanismes de l'érosion	31
Figure 10: Allocation des terres suivant les scénarios	33
Figure 11: Revenus monétaires par type d'UP en fonction des scénarios	35
Figure 12: Niveaux de crédit par scénario	36
Figure 13: Rendements coton des différentes UP par scénario	37

LISTE DES TABLEAUX

Table 1: Rendements de quelques cultures suivant le type d'UP	12
Table 2: Temps de travaux	12
Table 3: Coûts de production à l'hectare	13
Table 4 : Prix de quelques produits agricoles	13
Table 5: Différents dispositifs de fertilisation sur coton et céréales	18
Table 6: Récapitulatif des dispositifs de fertilisation	19
Table 7: Typologie des producteurs	21
Table 8: Effets des facteurs climatiques sur l'agriculture	28

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
I. INTRODUCTION.....	2
II. MATERIEL ET METHODE.....	4
2.1. Démarche méthodologique.....	4
La revue bibliographique	4
La définition des concepts	4
Choix de la zone d'étude et de l'échantillon de l'enquête.....	5
Collecte, traitement et analyse des données.....	6
2.2 La zone d'étude : le Centre nord de la Côte d'Ivoire	6
Le climat	7
La végétation	8
Les variations pédologiques le long des toposéquences	8
2.3. La modélisation	9
La modélisation comme outil d'analyse	9
La programmation linéaire comme technique de modélisation.....	10
Formulation du modèle	11
III. ANALYSE DES SYSTEMES AGRAIRES	20
3.1. Typologie des exploitations SECO.....	20
3.2. Les systèmes de cultures.....	22
3.3. Les systèmes d'élevage.....	25
IV. RESSOURCES NATURELLES ET VARIABILITE CLIMATIQUE	26
4.1. Le changement du climat et ses impacts dans le monde.....	26
4.2. Variabilité climatique et ressources naturelles au Nord-centre Côte d'Ivoire.....	29
4.3. Les producteurs de Nambingué face à la variabilité climatique.....	31
V. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	33
5.1. Allocation des terres.....	33

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

5.2.	Revenus monétaire.....	34
5.3.	Les valeurs marginales	36
5.4.	Niveau des crédits	36
5.5.	Niveaux des rendements de coton.....	37
VI.	CONCLUSION	39
VII.	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	40
VIII.	BIBLIOGRAPHIE.....	42
IX.	ANNEXES	45

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

I. INTRODUCTION

L'agriculture constitue la base et le grand atout de l'économie ivoirienne. Dans la dernière décennie, le secteur agricole a généré en moyenne 30% du PIB et 70% des recettes d'exportation, tandis qu'il employait 2/3 de la population active (AGRIFOR consult, 2006). L'agriculture ivoirienne est fortement centrée sur les cultures d'exportation. Bien que le coton ne soit pas le principal produit d'exportation du pays, la Côte d'Ivoire est le troisième pays africain producteur de coton avec près de 300.000 hectares (FAO). Le coton a joué, depuis les années 1970, un rôle particulièrement important dans le développement rural du Nord de la Côte d'Ivoire, où il représentait traditionnellement le poumon de l'économie rurale. Les deux régions des Savanes et de Worodougou (au Centre Nord du pays) sont, de loin, les principales zones de production, avec plus de 90% de la production totale en 2006/07 (GERGELY, 2010).

Ces territoires ont évolué, au cours des cinquante dernières années, avec l'augmentation démographique, le développement de la culture cotonnière et, parallèlement, les systèmes d'élevage. Les surfaces cultivées se sont étendues, réduisant les espaces sylvopastoraux, considérés jadis comme le pilier de la régénérescence de la fertilité des terres cultivées (mise en jachère, maintien de l'élevage, approvisionnement en bois...) (PIERI, 1989). Les systèmes sur abattis-brûlis, avec reconstitution de la fertilité par la mise en jachère des terres, ont progressivement laissé la place à des systèmes de culture permanente, où les producteurs assurent le renouvellement de la fertilité des sols par des rotations et des amendements organiques et minéraux, mais aussi par une intégration de l'agriculture et de l'élevage.

Cette forme d'agriculture de type familial pratiquée par les producteurs Ivoiriens doit garantir la sécurité alimentaire et procurer des revenus nécessaires à l'amélioration de leurs conditions de vie. Durant toutes ces années, le développement des systèmes de culture s'est largement appuyé sur la filière cotonnière verticalement intégrée confiée à la Compagnie pour le développement des textiles en Côte-d'Ivoire (CIDT), chargée de promouvoir l'agriculture dans les savanes ivoiriennes. (CHALEARD et N'DAW, 1992). La période correspond à une augmentation rapide de la production en coton et en vivriers avec des gains importants sur les rendements qui ont évolué de 225 kg/ha à plus de 1 200 kg/ha en moyenne pour le coton.

Le processus de libéralisation de la filière, l'instabilité politique et la crise sociopolitique en 2002 qu'a connu le pays ont eu un impact considérable sur le secteur de la production

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

agricole. La période correspond à une baisse tendancielle des rendements à l'hectare, observée durant la dernière décennie.

Par ailleurs, lorsque l'on s'intéresse aux systèmes de production, les causes de la faible performance des exploitations cotonnières ont été souvent traitées. Ainsi, BLANCHARD (2010) disait que « l'augmentation du prix des intrants, la réduction de la pluviométrie et sa variabilité accrue, la réduction des ressources pastorales et la difficulté de maintien des animaux sur les territoires hypothèquent le maintien de la productivité des systèmes de production et leur durabilité sans changements techniques ». Dans un contexte climatique, économique et institutionnel difficile (incertain et évolutif), les systèmes de culture et d'élevage doivent donc se transformer pour s'adapter et garantir leur viabilité.

De cet état de fait, dans l'optique d'explorer les perspectives d'un accroissement durable de la production agricole : Existe-t-il des technologies à même de permettre une intensification des systèmes de production agricoles du Centre-Nord ? Dans l'affirmative, dans quelles conditions s'inséreront ces technologies, et quels seront leur impact dans les exploitations agricoles ? Quelles seront les mesures à prendre pour faciliter et encourager l'appropriation de ces technologies par les producteurs ?

L'objectif poursuivi dans le présent document est d'apporter des réponses adéquates à ces différentes interrogations. Pour y parvenir nous avons choisi le village de Nambingué comme cadre de notre analyse, la modélisation comme approche et la programmation linéaire comme outil d'analyse.

Le présent document s'articulera autour de trois (03) grands points. Le premier nous présentera la démarche méthodologique ainsi que les moyens utilisés pour la collecte et le traitement des données. Par le deuxième point, nous présenterons l'analyse des systèmes agricoles et la variabilité climatique et des ressources naturelles. Enfin au troisième point nous présenterons les résultats que nous avons obtenus et les conclusions auxquelles ceux-ci ont donné lieu ainsi que les propositions et perspectives.

II. MATERIEL ET METHODE

2.1. Démarche méthodologique

La revue bibliographique

La première partie du travail a été consacrée à la recherche documentaire. Compte tenu de la spécificité du thème, il était impératif d'appréhender tout le contour théorique de la problématique. Cela nous a permis de placer notre thème dans le contexte particulier de l'agriculture ivoirienne libéralisée dans un contexte global des débats sur les adaptations au changement climatique et de ses impacts sur les exploitations familiales. Le choix des lectures a été fait en fonction des mots clés du thème. Cette revue de la littérature a été effectuée tout au long du stage.

La définition des concepts

Système de production

Avec TOURTE *et al.* (1982) et JOUVE (1994), nous entendons par système de production un ensemble structuré de moyens de production (force de travail, terre, équipement, etc.) combinés entre eux pour assurer une production végétale ou animale en vue de satisfaire les objectifs et les besoins socioéconomiques et culturels de l'exploitation (ou du chef de l'unité de production) et de sa famille.

Le système de culture (SEBILLOTTE, 1977), concept agronomique, s'applique à l'échelle de la parcelle ou du groupe de parcelles traitées de manière homogène, c'est-à-dire caractérisées par une succession de cultures et des associations éventuelles de cultures, et par l'ensemble de techniques qui leur sont appliquées suivant un ordonnancement précis - *l'itinéraire technique*.

Exploitation agricole

L'exploitation agricole a été définie par CHOMBART *et al.* (1963) comme étant une unité économique dans laquelle l'agriculteur pratique un système de production en vue d'augmenter son profit. Ce système est finalisé par les objectifs de l'agriculteur et de sa famille. Mais, si dans les pays développés, l'identification de l'exploitation agricole ne pose pas de problème, il n'en va pas de même dans certains pays en développement, spécialement en Afrique où l'unité de résidence, l'unité de consommation, l'unité de production et même l'unité d'accumulation peuvent être

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

dissociées. C'est pourquoi nous avons privilégié l'Unité de production (UP) comme l'unité d'analyse dans cette étude, tout en gardant à l'esprit les relations qu'elle a avec les autres unités mentionnées précédemment. Cette UP est l'ensemble des personnes qui contribuent à la création et à la fourniture du produit.

Intensification agricole

La notion d'intensification en agriculture de manière générale fait référence à la quantité de capital ou de travail investie par unité de surface cultivée. Selon TIREL (1987), l'intensification agricole des zones tempérées se réfère à l'évolution des systèmes de production marquée par l'augmentation de la productivité du travail, de la terre et du capital investi. Dans le cas des zones tropicales et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest, TOURTE (1970) indique que l'intensification des systèmes de culture reste un objectif faisant principalement référence à l'augmentation des rendements qui implique outre des changements techniques, une sédentarisation des aires de culture et l'entretien de la fertilité des sols cultivés. La notion d'intensification telle que définit par TIREL se rapporte à un facteur (terre, travail ou capital). Ce facteur est exploité de façon intensive lorsque l'on combine à une quantité donnée de ce facteur des quantités croissantes d'autres facteurs. Selon MELLEVILLE (1978), une véritable intensification n'est pas synonyme d'accroissement des récoltes à l'unité de surface. Elle doit aussi assurer un maintien, voire une amélioration de la fertilité du milieu. Les perspectives d'évolution agraire ne devraient donc pas s'apprécier à travers les seules perspectives d'intensification mais plutôt convient-il d'en adopter une vision élargie. On peut aussi considérer que les systèmes agricoles intensifs parviennent à une réelle intégration entre secteurs d'activités en particulier entre agriculture et élevage.

Technologie

Le terme technologie désigne une technique, une technologie ou une innovation susceptible d'améliorer la production agricole qu'elle provienne du milieu paysan ou qu'elle soit introduite de l'extérieur, à partir des stations de recherche.

Choix de la zone d'étude et de l'échantillon de l'enquête

Le choix de la zone d'étude a comporté une phase d'enquêtes exploratoires auprès de différents villages. L'objet modélisé ici est une exploitation familiale des savanes ivoirienne sous climat Soudanien. Cette zone est la principale zone productrice de coton du pays. Le choix du site

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

d'étude repose donc sur la représentativité de la zone cotonnière, la disponibilité de données préexistantes, l'accessibilité et l'accueil dans les villages.

Un inventaire exhaustif des exploitations a été également réalisé à partir de la base de données SECO des producteurs de coton. Cet inventaire a servi de base à l'élaboration d'une typologie des exploitations dont le but est de les classer en groupes socio-économiques assez homogènes afin de faire des recommandations spécifiques en rapport avec les contraintes identifiées. Sur la base de cette typologie et dans le souci d'analyser le fonctionnement des exploitations, un échantillon de 15 exploitations (à raison de 5 par classe) a été constitué pour faire l'objet d'un suivi approfondi. Ce suivi a touché l'ensemble des activités de l'exploitation réalisée durant l'intervalle du stage.

Collecte, traitement et analyse des données

Les données primaires ont été collectées à l'aide d'un questionnaire semi-structuré (voir en annexes). Le traitement des données à consister à faire ressortir les points essentiels. Ce données ont permis de calculer les indicateurs de performance, d'apprécier leur efficacité respectives et de caractériser les facteurs de production. La saisie des données, les calculs des statistiques simples et l'élaboration des graphiques ont été réalisé à l'aide de MS Excel. En outre, nous avons procéder à des simulations sur le fonctionnement des UP en utilisant le logiciel GAMS (General Algebraic Modeling System).

Ce logiciel a ainsi permis de simuler ainsi le fonctionnement des UP agricole, partant sur la base de maximisation du revenu.

2.2 La zone d'étude : le Centre nord de la Côte d'Ivoire

La présente étude a été effectuée à Nambingué, village situé dans la commune rurale d'Ouangolodougou, département de Ferkessédougou, dans la région des Savanes de la Côte d'Ivoire. La région des Savanes se situe au Nord-Centre du pays. Elle est limitée au Nord par la les républiques du Burkina Faso et du Mali, au Sud-est par les régions de la Vallée du Bandama et du Zanzan, au Sud-ouest par les régions de Worodougou et de Denguélé. Elle a une superficie de 171 833 Km² et compte 4 départements La zone d'étude, le département de Ferkessédougou, s'étend sur 25 856 km² et est situé à l'Est de la région (carte). Le village de Nambingué est situé entre 11°30' et 11°45' de latitude Nord et 4°05' et 4°12' de longitude Ouest et couvre une superficie d'environ 10 000 ha. Il est Situé à 60 Km au Nord-est de la ville de Ouangolodougou.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

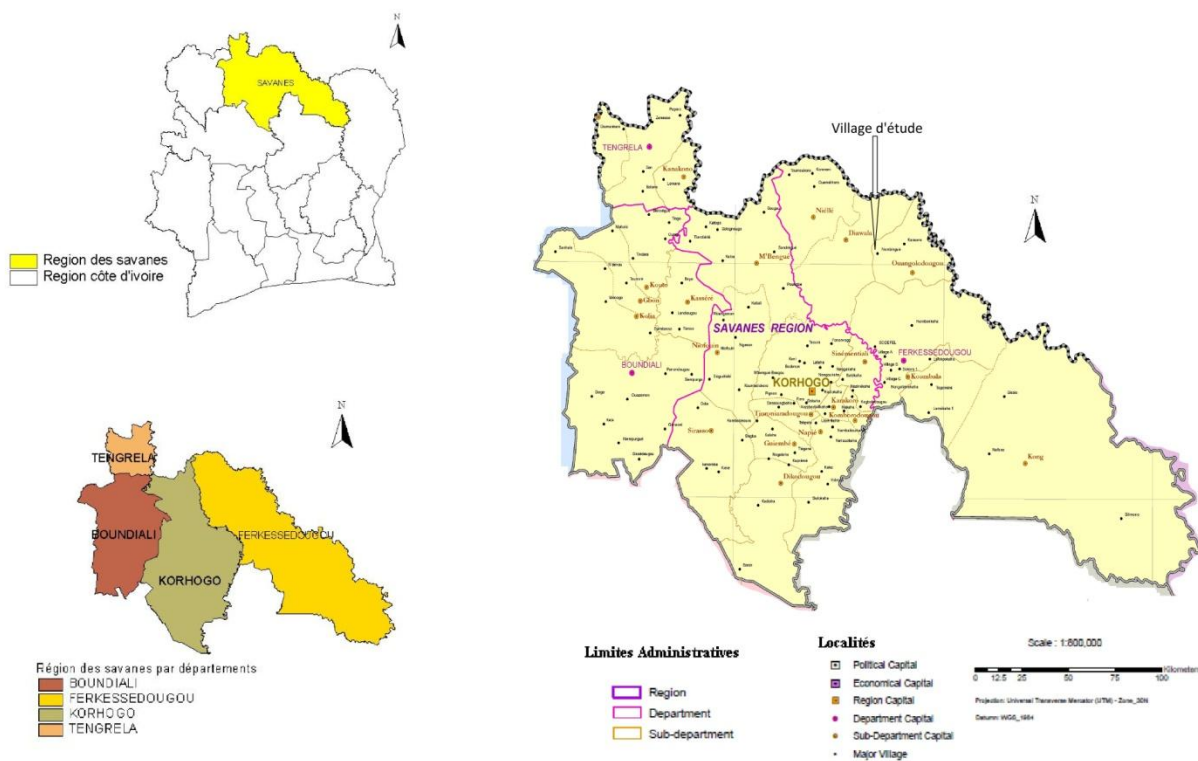


Figure 1: Situation géographique du Centre nord (zone d'étude)

Le climat

Le climat de la zone est sous l'influence du mouvement saisonnier de la masse d'air continental, sec et chaud venant du Sahara (Harmattan) et de la masse d'air humide venant de l'anticyclone de Sainte-Hélène au sud-ouest (alizés maritimes). Leur convergence donne naissance au front intertropical (FIT) qui se déplace du sud au nord suivant le déplacement du soleil.

Les amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles y sont relativement importantes, de l'ordre de 20°C, le taux d'humidité, inférieur à celui du sud du pays, varie de 40 % à 50 %. La zone considérée est caractérisée par la présence intermittente entre les mois de décembre et février d'un vent frais et sec, l'harmattan. Le climat tropical qui y sévit est caractérisé par deux saisons : l'une sèche, de novembre à juin, ponctuée par quelques pluies au mois d'avril, et l'autre pluvieuse, couvrant la période de juillet à octobre. Les précipitations moyennes enregistrées sont de 1 203 mm à Ferkessedougou.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

La végétation

Selon la classification d'AUBREVILLE (1949) la zone appartient au domaine soudanien caractérisée par une mosaïque de savanes arbustives ou arborées et des forêts claires. Les arbres dominants dans les formations naturelles : *Lannea velutina*, ou *Terminalia avicennioides*. Les parcs agro forestiers sont composés d'arbres fruitiers présents naturellement mais remaniés par les activités humaines, comme le baobab (*Andansonia digitata*), Le néré (*Parkia biglobosa*), Le raisinier sauvage (*Lannea microcarpa*), *Sclerocarya birrea*, Le karité (*Vitellaria paradoxa*), Le Jujubier (*Ziziphus mauritiana*) ou des arbres à usages multiples comme le Balanzan (*Faidherbia albida*). Les formations plus fermées sont composées de *Daniellia oliveri* et *Isoberlinia doka*. La strate herbacée est caractérisée par un recul de l'*Andropogon gayanus* et un recru de *A. pseudapricus*, *Cymbopogon giganteus* et *Pennisetum pedicellatum*, moins appréciées par le bétail.

Les variations pédologiques le long des toposéquences

La Figure N°1 présente une toposéquence type en pays Sénoufo, à partir de Roose (1979).

Sur le plateau cuirassé en haut de la toposéquence, le sol est largement induré limitant la profondeur du sol et réduisant l'enracinement des cultures. En saison pluvieuse, l'horizon induré, imperméable, entraîne la formation de marres temporaires essentielles pour l'abreuvement des animaux dans l'espace Sylvio-pastoral. Par endroit, la cuirasse est dégradée et le sol plus profond. L'horizon gravillonnaire, ainsi formé, confère aux sols des bonnes propriétés agricoles avec une forte macroporosité offrant un bon ressuyage des eaux de pluies et un bon enracinement des cultures.

Dans la zone de raccordement avec le plateau cuirassé, le sol est composé des éléments de dégradation de la cuirasse (gravillons ferrugineux) qui peuvent représenter une importante épaisseur mêlés à des sables et éléments de sol plus fins.

Le glacis intermédiaire est occupé par des sols (ocre) ferrugineux tropicaux, à très mauvaises propriétés physiques. Selon la longueur du versant, l'équilibre entre sable et limon évolue. L'horizon de surface devient sableux quand la pente devient plus forte (versant court). Sur les longs versants, l'horizon de surface devient davantage limoneux, formant des croûtes moins perméables aux eaux de pluies.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Le bas glacis est occupé par des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou hydromorphes selon la profondeur de l'horizon hydromorphe. La texture de l'horizon de surface varie de limono-sableux à argileux, selon l'intensité du départ d'éléments grossiers depuis le haut du versant.

Les horizons profonds sont riches en argiles renforçant l'hydromorphie de ces sols.

L'engorgement temporaire de ces sols peut limiter l'enracinement des cultures, l'accès aux réserves hydriques et minérales et rendre plus difficile le travail du sol. Cependant, sa richesse en éléments minéraux lui confère une richesse chimique importante (Keita, 2000, Dabin et Magnien, 1979, Traoré, 2003, Blanchard, 2010).

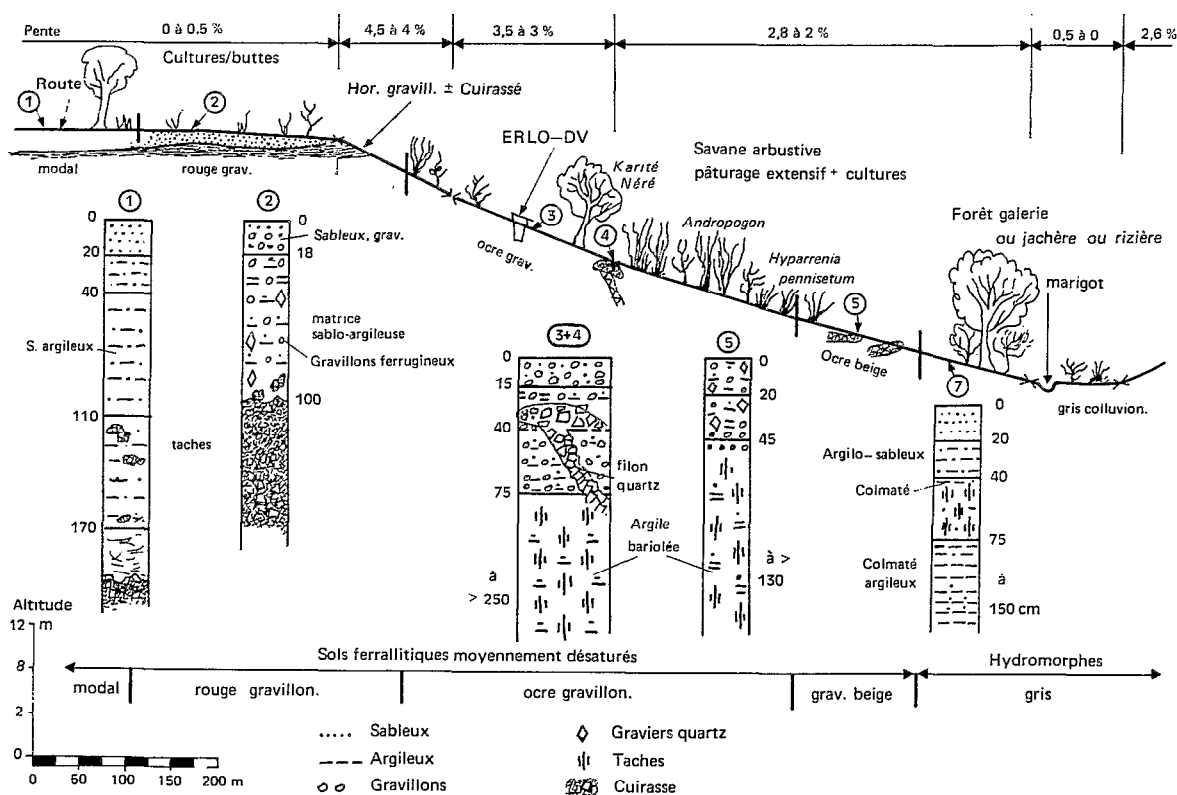


Figure 2: Schéma d'une toposéquence en pays Sénoufo : (Roose, 1979)

2.3. La modélisation

La modélisation comme outil d'analyse

Pour faciliter la compréhension du mot " modèle ", qui laisse transparaître souvent une ambiguïté, plusieurs auteurs s'accordent à le définir comme étant une représentation simplifiée de phénomènes réels (BOUSSARD et al, 1988). BENOÎT-CATTIN (1991) cité par BARBIER

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

(1994) affirme que la modélisation incite à dépasser le simple stade du constat pour s'intéresser aux dynamiques en jeu, notamment en essayant de rendre compte des ressorts technico-économiques de la diversité socio-économique.

La base théorique d'un modèle repose sur la traduction sous forme mathématique de la relation exacte ou approximative qui existe entre deux ou plusieurs paramètres (DIJKSTERHUIS et NEETESON, 1995). Cette traduction requiert la connaissance du processus ou du système que l'on se propose de représenter. BENOÎT-CATTIN (1991) cité par KEBE (1993) argumente que *la construction d'un modèle nécessite une bonne perception de la réalité, des phénomènes majeurs, des interactions en jeu, de leur importance relative, de leur domaine d'extension.*

Le modèle bioéconomique est un modèle d'optimisation centré donc basé sur la programmation mathématique linéaire. On appelle optimisation la représentation mathématique d'un problème d'optimisation d'une fonction objectif de plusieurs variables en présence de contraintes. Le programme est dit linéaire car la fonction et les contraintes sont toutes des combinaisons linéaires de variables. Il compte alors n variables non négatives, m contraintes d'égalité ou d'inégalité et une fonction « objectif » à optimiser et les variables de coût ou de profit associées à chaque variable présente dans la contrainte (FLICHMAN et al. 2001). La notion de centralisée vient du fait qu'une fonction objectif unique est considérée.

La programmation linéaire comme technique de modélisation

La programmation linéaire (PL) est une technique de modélisation adaptée à l'analyse des systèmes de production, particulièrement pour évaluer les possibilités et les conditions d'insertion des nouvelles technologies dans les exploitations agricoles (PANDEY et HARDAKER, 1995). Elle est surtout utilisée lorsqu'il s'agit de réaliser des plans d'amélioration ou de développer de nouvelles stratégies (SCHWEIGMAN, 1993). Elle offre donc beaucoup de possibilités d'analyse à la recherche sur les systèmes de production.

En agriculture, la PL est surtout utilisée pour mesurer l'effet de politiques agricoles ou de choix technologiques sur la production agricole et sur le revenu des exploitants. Selon BARBIER (1994), la PL permet d'explorer la rationalité du changement technique comme le choix des activités ou des systèmes de cultures, ou des substitutions entre intrants.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Le logiciel GAMS a été élaboré par MEERHAUS, KENDRICK et BROOKE afin de faciliter la formulation de modèles de programmation mathématique. La caractéristique des modèles montés sur ce logiciel est liée au fait qu'ils représentent des alternatives et contraintes productives dans l'optique d'une optimisation d'un objectif. On cherche donc à maximiser une fonction « objectif » (Z) par une meilleure allocation des ressources ou facteurs de production aux activités les plus productives.

Formulation du modèle

Le choix du modèle a été motivé par les observations ressorties de nos enquêtes. Il est statique et décrit à chaque simulation, le comportement de chaque chef d'UP face à une campagne donnée. Ainsi, celui-ci nous permet de simuler pour différents scénarios la réaction du chef d'exploitation.

Quelques paramètres du modèle

❖ Les activités agricoles

Les activités agricoles correspondent aux cultures susceptibles d'être mises en place par les producteurs. Ces cultures sont énumérées dans la liste suivante :

Coton, maïs1, maïs2, arachide, sésame, mil/sorgho, niébé, riz, igname.

❖ Les différents types d'UP

Une typologie simplifiée a permis de classer les UP agricoles en trois types : riche, moyenne et pauvre. Le principal indicateur utilisé est la superficie de terre disponible. La superficie du ménage pauvre a été limitée à 5 ha. Le ménage moyen dispose de 15 ha et le riche de 40 ha.

❖ Les rendements

Les rendements dans les zones SECO (cotons et vivriers) sont relativement faibles et cela s'explique par l'appauvrissement des sols et les faibles apports en fertilisant.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Table 1: Rendements de quelques cultures suivant le type d'UP

	Coton (kg/ha)	Maïs1 (kg/ha)	Arachide (kg/ha)
Type pauvre	664	1845	343
Type moyen	831	2598	466
Type riche	1149	3271	482

Source : Résultats des enquêtes

❖ Besoin en travail

Le besoin en travail pour les différentes cultures varie avec le stade de la production ; le tableau ci-dessous donne ces temps pour le coton, le maïs et l'arachide. Il est exprimé en homme-jours/ha à raison de sept (07) heures de travail par jour en période d'installation et de six (06) jours en période d'entretien et de récolte.

Table 2: Temps de travaux

	Coton	Maïs	Arachide
Installation (homme-jours/ha)	56	27	32
Entretien et fertilisation (homme- jours /ha)	28	16	18
Récolte (homme-jours /ha)	216	144	131

Source : Résultats des enquêtes

Le travail, dans le modèle peut constituer une contrainte ; en effet, celui-ci est fonction du nombre d'actifs de l'exploitation familiale et ne peut dépasser le temps de travail disponible pour chaque actif par stade de travail. Pour la présente étude, nous avons distingué trois stades de production que nous avons appelé Installation, Entretien/Fertilisation et Récolte.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

❖ Coûts de production à l'hectare

On établit une différence entre le coût de production réel à l'hectare et le capital nécessaire pour la production d'un hectare de coton qui est estimé à 124 000 FCFA. Le producteur, suivant les moyens dont il dispose réalloue les facteurs de production sur toute son exploitation. Par exemple, il évalue la quantité d'engrais à épandre sur une terre suivant sa « perception » de la fertilité du sol. Le système de rotation (coton-mais-arachide) pratiqué permet de moduler l'utilisation de l'engrais sur les différentes parcelles dont il dispose (et faire bénéficier le maïs des arrière effets du coton). Suivant les différents UP, les coûts de production retenus :

Table 3: Coûts de production à l'hectare

	Coton (FCFA)	Maïs 1(FCFA)	Arachide (FCFA)
Type pauvre	83 000	59 000	11 500
Type moyen	105 000	67 000	11 500
Type riche	118 000	74 000	11 500

Source : Résultats des enquêtes

NPK = 230 FCFA /kg ; Urée = 211 FCFA/kg ; Fumier= 1,2 FCFA / kg ;

❖ Les prix des produits sur le marché

Ces prix influencent les projets d'assolement des producteurs. Les prix des céréales varient avec la période, à la différence de celui du coton qui est fixé à l'avance. Le tableau 4 nous indique ces différents prix pour la campagne en cours.

Table 4 : Prix de quelques produits agricoles

	Coton	Maïs	Arachide
Prix (FCFA)	265	100	240

Source : Résultats des enquêtes

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Les équations du modèle

L'objectif principal du producteur est la maximisation de son revenu. Dans le modèle elle exprimé par la formule :

$$\text{profit}(ex, s) = \sum_{pr} (\text{VENTE}(pr, ex, s) * \text{prix}(pr, s) - 1.2 * \text{ACHAT}(pr, ex, s) * \text{prixach}(pr, s)) - p_j \text{cop}_j * X_j, ex - p \text{SALAR} ex, p * \text{salair}(p) - \text{CREDCAMP}(ex)$$

Cette expression donne le revenu net issu de la production agricole. j est la culture prise en compte, ex le type d'UP et p la période ou stade cultural.

Co , $SALAR$ et $salair$ représentent respectivement le coût de production par période pour chaque culture, la main d'œuvre saisonnière par type de ménage suivant la période et le salaire de cette main d'œuvre suivant la période.

Toutes les autres équations du modèle sont des contraintes :

_ Terre :

$$\sum_j (X(j, ex) \leq SUPER(ex))$$

$X(j, ex)$ superficie alloué à la culture j pour le type de ménage ex

$SUPER(ex)$ superficie disponible pour l'UP ex

_ L'accès au crédit est fonction de la surface en coton exploitée. Nous avons donc introduit une équation liant le crédit contracté à la surface en coton. Cette équation est la suivante :

$$\text{CREDCAMP}(ex) = X('coton') * \text{credunit}$$

Où $X(coton)$ est la surface en coton et $credunit$, la valeur du crédit octroyé à l'hectare.

_ Le capital disponible $CAPITAL(ex)$ est donc la somme du crédit octroyé $CREDCAMP(ex)$ et des liquidités $LIQUIDE(ex)$ dont dispose le ménage en début de campagne.

$$\text{CAPITAL}(ex) \leq \text{CREDCAMP}(ex) + \text{liquide}(ex)$$

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Ce capital est reparti entre le coton $CAPCT(ex)$ et les autres cultures $CAPVIV(ex)$.

$$CAPITAL(ex) \leq CAPCT(ex) + CAPVIV(EX)$$

_ Travail :

$$\sum_j (mo(p, j) * X(j, ex)) \leq mofamil(ex) * jdispo(p) + SALAR(ex, p)$$

$mo(p, j)$ main d'œuvre requise pour la culture j pour la période p

$mofamil(ex)$ main d'œuvre familiale disponible

$jdispo(p)$ jours de travail disponible par période de culture

$SALAR(ex, p)$ main d'œuvre salariale utilisée

_ Consommation :

La production totale $PRODUC(pr, ex, s) = \sum_j (y(j, pr, ex, s) * X(j, ex))$ se réparti entre les quantités consommées $VCONSO(pr, ex)$ et les quantités vendus $VENTE(pr, ex, s)$

$$PRODUC(pr, ex, s) = VCONSO(pr, ex) + VENTE(pr, ex, s)$$

La contrainte de consommation

$$VCONSO(pr, ex) + ACHAT(pr, ex, s) \geq \sum_m menu(pr, m) * mofamil(ex)$$

Calage et validation du modèle

Avant d'analyser la réaction des UP à l'introduction des nouvelles technologies, il nous a fallu procéder à la validation du modèle, c'est-à-dire évaluer sa capacité à refléter les systèmes de production actuels des producteurs. C'est un processus qui permet de légitimer le modèle tant du côté du modéliste que de l'utilisateur des résultats.

Le calage a consisté à ajuster les valeurs des paramètres pour minimiser les erreurs de modélisation. Les équations tenant compte de la rotation coton/maïs ont été introduites. Aussi, les superficies emblavées de spéculations très rentables (manioc, riz) ont été limitées pour tenir compte

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

des exigences climatiques et pédologiques. En effet, l'igname est apte sur sols profonds. Ce qui rend rare les terres à igname dans la zone. Par ailleurs, les totaux pluviométriques sont insuffisants pour assurer en culture sous pluie, une bonne récolte de riz, ce qui limite cette spéculation.

Après le calage, la méthode utilisée pour la validation a consisté à comparer les résultats prédits par le modèle aux réalités observées sur le terrain. Elle s'est faite à partir d'une analyse comparée des assolements et des valeurs marginales. Les résultats des simulations obtenues se rapprochent de ceux des enquêtes qui révèlent que les principales cultures sont le coton et le maïs.

Définition des scénarios de simulation

❖ Le choix des technologies pour l'intensification

Le choix des technologies retenues pour l'intensification doivent répondre aux exigences de la productivité, c'est-à-dire dépendre des techniques de CES, de l'utilisation des intrants, (utilisés de façon efficiente) et des variétés améliorées pour accroître la productivité des terres et être dépendre des connaissances scientifiques (OUEDRAOGO, 2008).

En effet, l'utilisation combinée des techniques de CES, de la fertilisation organique et minérale et des variétés améliorées constitue un important potentiel d'accroissement de la production. Les variétés améliorées permettraient de mieux valoriser les techniques de CES et la fertilisation.. Ces conditions réunies permettraient en même temps de disposer de solutions (ne serait ce que partiellement) aux problèmes de durabilité grâce à une utilisation plus efficiente des terres agricoles.

Dans le cadre de cette analyse, les technologies retenues sont d'une part la fertilisation organo-minérale et l'utilisation de variétés Bt.

❖ Scénario 1

Ce scénario constitue notre scénario de base, car s'approchant de la réalité du terrain. Dans ce scénario, sont pris en compte les pratiques de fertilisations actuelles et le crédit lié à la culture du coton. Pour cette simulation ces hypothèses ont été formulées :

- _ Pour les différents types d'UP, les rendements des cultures tirés des résultats de nos enquêtes sont comme l'indique le tableau N°3.
- _ Les coûts de production des différentes cultures tirés de nos enquêtes. (voir tableau N°5).

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

❖ Scénario 2

Ce scénario prend en compte la substitution d'une variété de coton conventionnel (FK 290) par une variété de coton Bt (FK 290 BOLLGARD II). On suppose que la semence est fournie gratuitement aux producteurs. Les données suivantes ont été retenues :

- _ le coût des insecticides passe de 29190 FCFA (6 traitements) à 9700 FCFA (2 traitements)
- _ le rendement différentiel est de 46% (VOGNAN, 2010)
- _ Les pratiques de fertilisation sont identiques à celles du scénario précédent.

❖ Scénario 3

Ce scénario prend en compte le crédit agricole pour toutes les spéculations. Le crédit agricole est accordé en nature, sous forme d'intrant. Les hypothèses formulées :

- _ Le capital n'est plus un facteur limitant.
- _ Chaque UP dispose d'équipements nécessaires au travail et au transport de fumure organique.
- _ Différents dispositifs de fertilisation, hiérarchisé selon le niveau d'intensification sont retenus par les UP (tableau 5).
- _ A partir du niveau d'intensification pratiqué (niveau témoin), l'UP choisira un niveau supérieur d'intensification (tableau 6).
- _ L'accroissement de la main d'œuvre est estimé à 10%

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Table 5: Différents dispositifs de fertilisation sur coton et céréales

	Coton	Mais	Sorgho
T1	100 kg/ha NPK + 25 kg/ha urée	50 kg/ha NPK + 75 kg/ha urée	50 kg/ha urée au buttage
T2	100 kg/ha NPK+ 50 kg/ha urée + 5 t/ha MO	50 kg/ha NPK + 75 kg/ha urée +5t/ha MO	4 t/ha(M.S) + 25 kg/ha urée
T3	200 kg NPK + 50 kg/ha urée	100 kg/ha NPK + 150 kg/ha urée	100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée
T4	200 kg NPK + 50 kg/ha urée +5 t/ha Fo	150 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée + 6 t/ha (MS) F.O	100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée+5 t/ha Fo
T5	150 kg NPK + 50 kg/ha urée +40 t/ha Fo	100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée + 40 t/ha (MS) F.O	100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée+40 t/ha Fo

Source : Résultats des enquêtes et compilations de l'auteur à partir de M'BIANDOUN et al (2002).

❖ Scénario 4

Sont pris en compte simultanément les scénarios 2 et 3 ; c'est-à-dire l'utilisation de variété Bt et le crédit agricole.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Table 6: Récapitulatif des dispositifs de fertilisation

	Technologies	Spéculation	Coût additionnel intrants /Témoin (FCFA/ha)	Rendement additionnel/Témoin (%)
Riche	T5	Coton	21700	22
	T4	Maïs	9350	16
	T1	Arachide	5750	11
	T2	Sésame		
	T4	Mil/Sorgho	18100	147
	T3	Niébé	17200	47
	T4	Riz	11500	13
	T1	Igname	0	5
Moyen	T5	Coton	38000	52
	T4	Maïs	12350	21
	T1	Arachide	5750	19
	T1	Sésame		
	T3	Mil/Sorgho	15100	180
	T2	Niébé	11200	59
	T4	Riz	11500	17
	T1	Igname	0	5
Pauvre	T4	Coton	35000	78
	T4	Maïs	18650	41
	T1	Arachide	5750	32
	T2	Sésame		
	T3	Mil/Sorgho	28350	265
	T2	Niébé	11200	85
	T4	Riz	15500	25
	T1	Igname	0	5

Source : Compilations de l'auteur à partir de M'BIANDOUN et al (2002), DUGUE et OLINA(1997).

III. ANALYSE DES SYSTEMES AGRAIRES

3.1. Typologie des exploitations SECO

La typologie utilisée par SECO distingue 2 types de producteur suivant le niveau de mécanisation (traction attelée et culture manuelle). Elle ne tient pas compte des différenciations sociales et de la diversification des systèmes de production intervenue notamment avec les opportunités de diversification des revenus offertes par l'arboriculture et la constitution de noyaux d'élevage.

Au sein de chacun des villages, il existe presque toujours des exploitations agricoles de dimension inégale, en relation directe avec la taille des familles ou des segments de lignage qui y mettent en œuvre les systèmes de production (DUFUMIER 2005).

La nouvelle typologie proposée insiste sur les modalités de reproduction de la fertilité des terrains cultivés, en relation avec la disponibilité en charrettes et le nombre d'animaux pouvant effectivement participer aux transferts latéraux de matières organiques.

La nouvelle typologie présentée dans ce document propose de distinguer les différents types d'UP dans le tableau suivant :

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Table 7: Typologie des producteurs

	Caractéristiques	Sources de revenus/SP	Gestion de la fertilité des sols	Superficie/ Assolement coton	Rendement moyen coton durant campagne 2010
A	Exploitations gérées par de « grandes famille » Possédant des troupeaux bovins de grandes tailles (<80 bovins) et de nombreux équipement attelés	<ul style="list-style-type: none"> - Elevage - Plantations arboricoles (manguiers, anacardiens) - Cultures annuelles (coton, maïs, arachide...) 	Fumure minérale FO (parcage nocturne, contrat fumure, poudrette) Jachère	> 50 ha > 8 ha	1070
B	Les exploitations de taille moyenne possédant des troupeaux bovins de tailles limitées ($10 \leq \text{bovins} \leq 40$)	<ul style="list-style-type: none"> - Elevage - Plantations arboricoles (manguiers, anacardiens) Cultures annuelles (coton, maïs, arachide)	Fumure minérale FO (parcage nocturne, contrat fumure, poudrette) Jachère	15-40 ha 4-8 ha	900
C	Les exploitations de taille moyenne ne possédant de troupeaux bovins ($2 < \text{bovins} \leq 10$)	Cultures annuelles (coton, maïs, arachide...)	Fumure minérale FO (contrat fumure, poudrette)	15-25 ha 3-6 ha	
D	Exploitations de petite taille, peu équipées et disposant de peu ou pas d'animaux (≤ 2 bovins)		Fumure minérale	< 12 ha < 3 ha	750

Source : Résultats d'enquête et calculs de l'auteur ; à partir de DUFUMIER (2005)

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

3.2. Les systèmes de cultures

L'agriculture à Nambingué est une agriculture familiale, mécanisée essentiellement pluviale. Le défrichement de nouvelles terres se fait par un système d'abatis-brulis. Cependant, le nombre et la durée des jachères s'est considérablement réduit. Outre la jachère, les producteurs ont recours à différentes techniques de gestion de la fertilité des sols : parcage direct, applications de fumure organique (fumier, poudrette ou terre de parc) et/ou minéral, rotation de cultures.

La rotation triennale coton-mais-arachide est la principale rotation de culture pratiquée. Du fait de la pression foncière, la rotation biennale coton-mais est devenue assez fréquente. Les principales spéculations rencontrées sont : coton, maïs, riz, mil/sorgho, arachide, niébé, igname. Les cultures pérennes de rentes : mangues, anacarde. Les cultures pures sont dominantes. Dans la zone les associations de culture ne sont pas pratiquées.

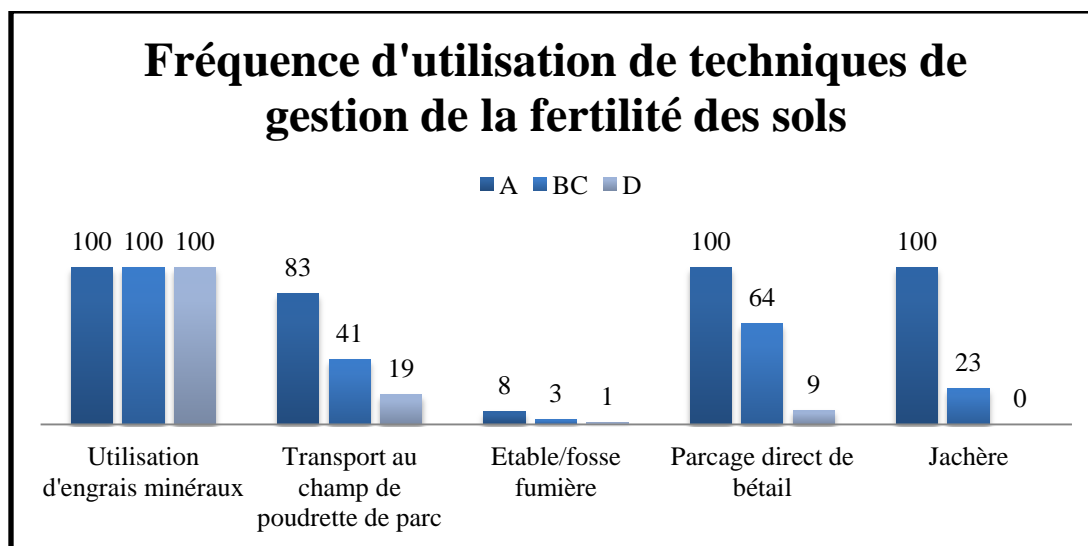


Figure 3: Fréquence d'utilisation des techniques de gestion des sols à Nambingué

Source : Résultats d'enquêtes

Le travail est essentiellement fourni par la main-d'œuvre familiale ; les bovins représentent la principale source d'énergie agricole. Au sein de l'exploitation, le travail se répartit entre les membres selon les opérations culturales et le type de spéculation. La main-d'œuvre salariée est peu développée, et se rencontre systématiquement à certaines périodes de la campagne.

Les sols sont préparés par un labour, un billonnage ou un simple sarclage. Le semis manuel ou au semoir interviennent, selon l'arrivée des pluies, entre la fin du mois de mai (semis précoce) et le

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

début du mois de juillet (semis tardif) pour la culture du coton, et avec un décalage pour le maïs vers la fin du mois de juillet. Les semis des céréales sèches sont moins contraignants, ils peuvent intervenir fin mai comme fin juillet.

La lutte contre les adventices est réalisée à la traction animale avec des sarclages au corps sarcler (1 à 3 passages) suivis de désherbages manuels, entre les plans le long de la ligne de semis. Des herbicides, totaux et sélectifs sont utilisés. Néanmoins, on constate une sous-utilisation des équipements attelés au fur et à mesure que l'on progresse dans les opérations culturales. Par exemple, malgré le fait que le semis en ligne soit réalisé à presque 100% chez les paysans suivis, plus de 2/3 des sarclages sont effectués manuellement.

Le coton et le maïs sont fertilisés avec des engrais minéraux (complexe NPK et urée) alors que les céréales sèches reçoivent des engrais détournés des cultures principales. Le complexe NPK est appliqué en début de cycle, 20 jours après le semis. Les recommandations font état de 200 kg/ha de complexe NPK à apporter sur le coton et 100 kg/ha sur le maïs, le mil et le sorgho. L'urée est appliquée au cours du cycle (50 kg/ha pour le coton, mil et sorgho et 150 kg/ha pour le maïs) avant un buttage sur les céréales. L'épandage d'engrais est strictement fonction du sarclage, qui dépend de la main-d'œuvre disponible. Ainsi, les dates d'application d'engrais sont toujours tardives dans les UP à forte contrainte de main d'œuvre. Certains producteurs préfèrent appliquer l'urée en même temps que le complexe NPK, réalisant alors un apport combiné, ou une moitié en même temps que le complexe et l'autre avant le buttage lors de la floraison et fructification des cultures.

Les plants de coton sont traités aux insecticides au cours de plusieurs passages (6 traitements), une lutte systématique suivant un calendrier prédéfini. La technique de la lutte étagée ciblée (en cours d'expérimentation) devrait permettre aux producteurs de limiter le nombre de traitement selon le niveau d'attaque des ravageurs et ainsi réduire les dépenses en intrants et la quantité de produits épandus. Les récoltes, manuelles sur toutes les cultures, s'étalent d'octobre-novembre (maïs, céréales sèches) à novembre-décembre (coton). Le calendrier agricole simplifié pour les principales cultures annuelles est présenté dans la Figure 4.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

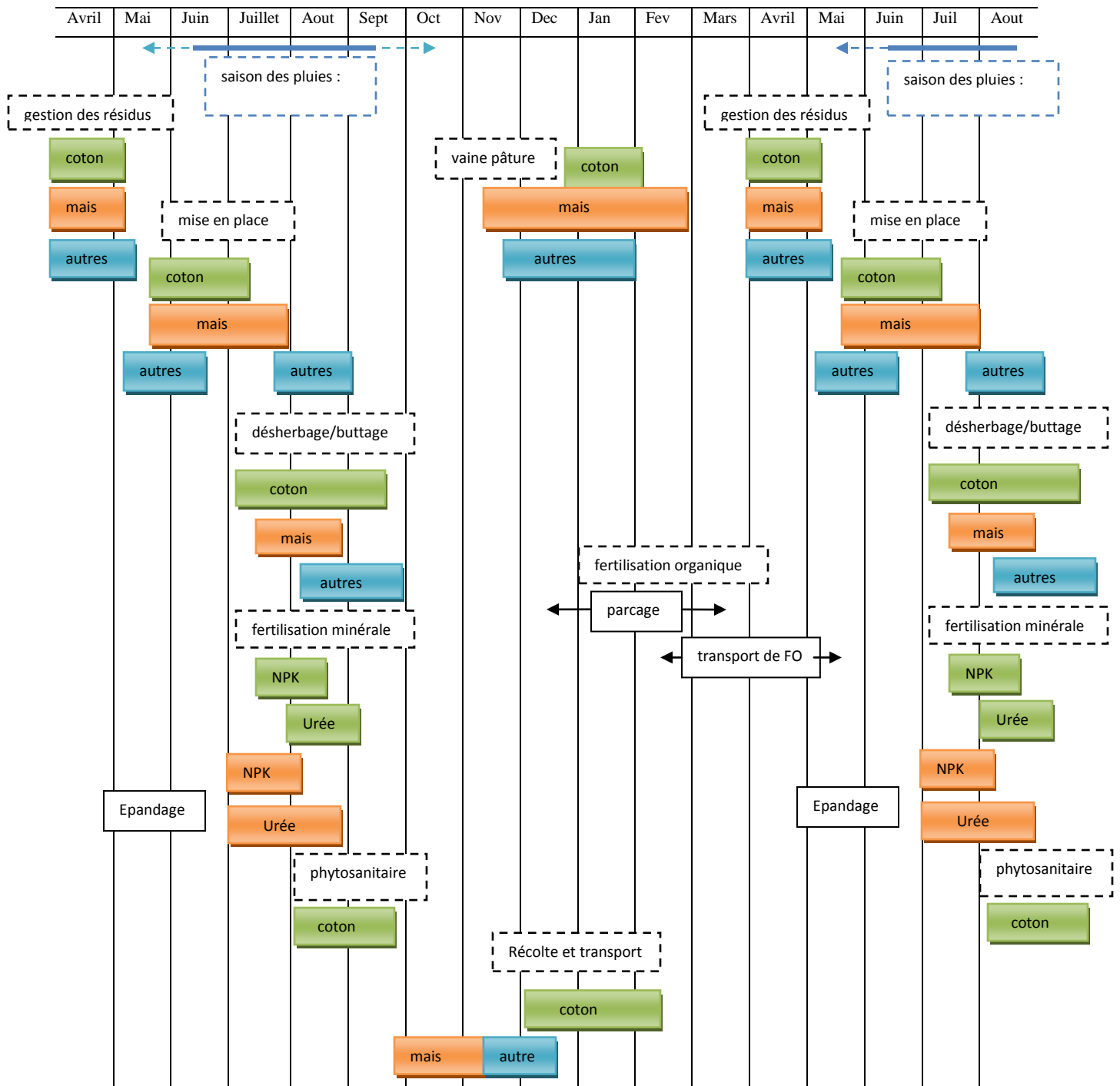


Figure 4: Calendrier agricole simplifié (à partir de suivis agricoles)

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

3.3. Les systèmes d'élevage

Malgré les conditions naturelles favorables à l'activité d'élevage, la zone des savanes n'était pas considérée comme une région d'élevage. Les agriculteurs sédentaires y pratiquaient l'élevage de petits ruminants (ovins et caprins) auquel s'ajoutent quelques petits ateliers d'élevage de volailles (poules et pintades). Le bétail exerce surtout une fonction d'épargne et, pour certains auteurs, c'est un élément primordial du système bancaire Sénoufo (ROBINET, 1988). Les agriculteurs de la zone, ayant dégagés des revenus monétaires grâce à la vente du coton-graine, ont acquis des animaux. Les exploitations ont acheté des bœufs de trait pour la culture attelée (travail du sol, sarclage et transport) puis des animaux d'élevage pour produire leurs propres bœufs de trait et développer un noyau d'élevage. A ces systèmes s'est ajoutée, depuis plus d'une trentaine d'années, l'arrivée d'un contingent de troupeaux zébus transhumants appartenant à des pasteurs peul qui ont fui les pressions démographiques et les difficultés climatiques septentrionales du Burkina Faso et du Mali (LANDAIS ,1986).

On rencontre principalement des animaux de races métisse Zébus-N'Dama. L'élevage dans la région a longtemps été limité par la présence de trypanosomiase animale. Avec le développement de la traction animale, des efforts avaient été consentis pour la lutte contre la trypanosomiase avec des luttés contre le vecteur, la glossine et la mise en place de traitement systématique des animaux de la zone. Les soubresauts politiques de cette dernière décennie ont changés la donne. Malgré les difficultés d'obtenir des statistiques fiables sur l'élevage, le taux de couverture vaccinale dans la région serait de près de 30%. De récentes (2008) épizooties avaient décimé une partie de cheptel de la zone.

La conduite des troupeaux varie selon leurs tailles et les structures des UP. Les petits troupeaux sont conduits par des enfants de la famille. L'engagement d'un berger représente un coût qui se justifie pour les troupeaux de plus grande taille et composés de bœufs d'élevage.

Le système d'élevage intégré aux exploitations agricoles permet d'apporter aux bovins de trait différents compléments alimentaires, dont des résidus de cultures (fanés d'arachide , tiges de maïs, etc.), de la graine de coton commandé, via les OPA (achat à crédit ou au comptant basé sur les revenus cotonnier) pour compléter les animaux de trait avant la reprise des travaux agricoles.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

IV. RESSOURCES NATURELLES ET VARIABILITE CLIMATIQUE

4.1. Le changement du climat et ses impacts dans le monde

Il devient de plus en plus évident que le climat est en cours de changement. On a également de plus en plus la preuve que ce changement est étroitement lié à la forte émission de gaz à effet de serre. Les chercheurs du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ont démontré que les concentrations en dioxyde de carbone, en méthane et en oxyde nitreux de la planète ont considérablement augmenté depuis 1750 à cause des activités humaines. L'utilisation de combustible fossile et le changement de l'utilisation de la terre sont les principales causes de l'augmentation du dioxyde de carbone.

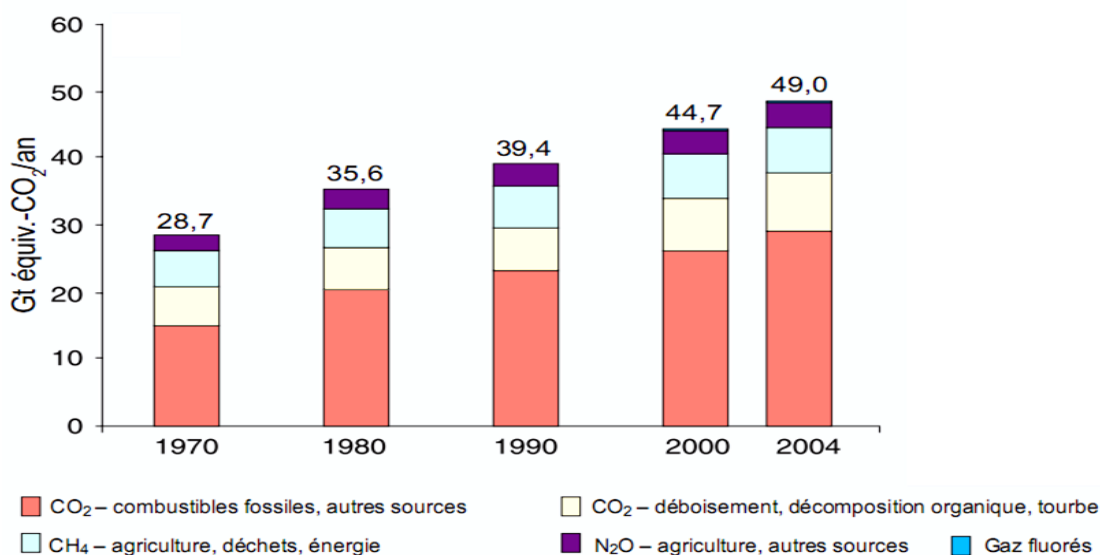


Figure 5: Emissions annuelles de GES dans le monde de 1970 à 2004

Source : Rapport GIEC 2007

L'agriculture est le principal facteur qui contribue à l'augmentation du méthane et de l'oxyde nitreux. Pour le GIEC, il existe une relation entre les activités humaines et le changement climatique dans le monde. Il pense que *la plupart de la montée des températures moyennes mondiales depuis le milieu du 20e siècle est très probablement due à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre à laquelle on assiste et qui est causée par l'homme.*

Selon les prévisions du GIEC, en tenant compte d'une gamme de scénarios d'émissions, il y aura une augmentation moyenne de la température du globe d'environ 0,2°C tous les 10 ans. Pour l'Afrique de l'Ouest, d'ici 2080-2099, la chaleur sera plus forte qu'elle ne l'est actuellement, avec

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

une moyenne d'environ 3,3°C à travers les modèles, et plus forte, au-dessus de 4°C à l'extrême Nord des pays du Sahel.

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions du monde qui présentent le plus d'incertitude en ce qui concerne les tendances des précipitations. La moitié des principaux modèles indique une augmentation des précipitations sur la région du Sahel avec quelques changements sur la côte guinéenne, bien qu'il y ait des modèles qui prévoient soit une forte sécheresse ou une forte humidification. Les modèles indiquent une augmentation du nombre des années et saisons de grand hivernage avec des projections plus faibles de sécheresse, sauf dans l'extrême Nord de la région. La tendance générale est au glissement des isohyète vers le Sud-Sud Ouest

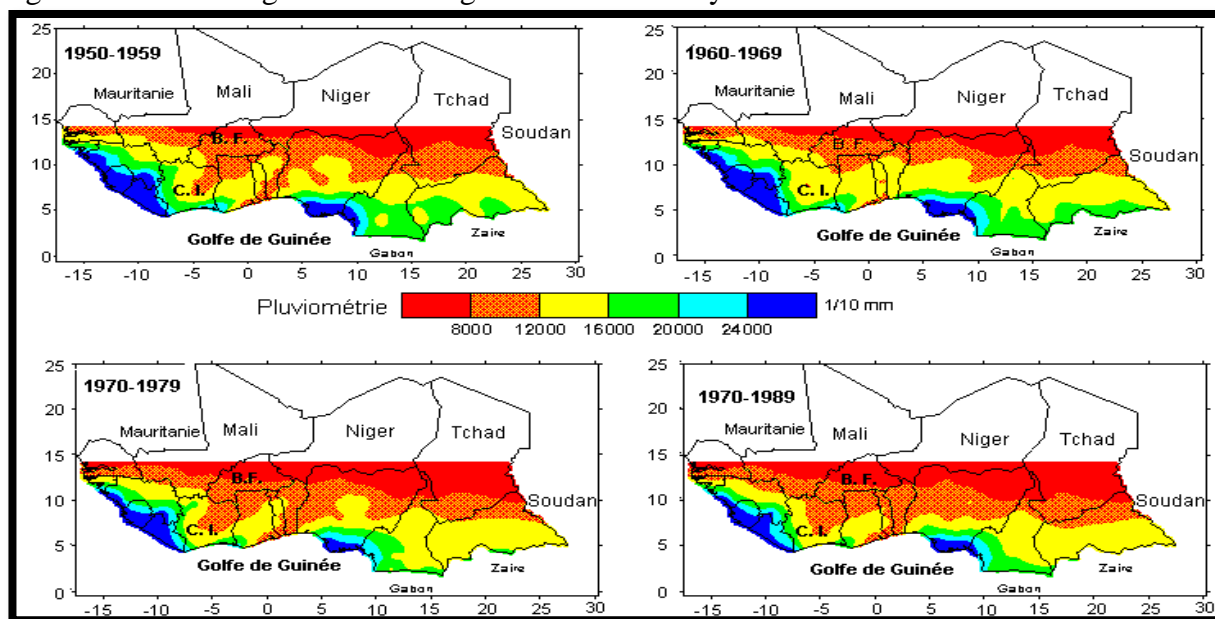


Figure 6 : Evaluation spatio-temporelle des précipitations en Côte d'Ivoire et le golfe de Guinée au cours des décennies 1950 1960 1970 1980.

Sources : IRD,2003

Les autres effets du changement climatique qui auront des conséquences directes ou indirectes sur l'agriculture sont l'élévation du niveau de la mer entraînant des inondations dans les zones côtières. La plupart des recherches sur les effets probables du changement climatique sur la productivité agricole ont été effectuées sur les principales céréales du monde et le coton, en accordant peu d'attention aux plantes à tubercules comestibles, au sorgho et au millet, aux légumes, aux graines oléagineuses, aux fruits tropicaux. Les preuves dont on dispose montrent que l'impact général sur l'agriculture non irriguée sera très négatif, avec des rendements de culture réduits jusqu'à 50 % (GIEC, 2007). Dans les zones tropicales, des mesures d'adaptation

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

peuvent empêcher les pertes du rendement des céréales dans les zones dans lesquelles le réchauffement n'est pas considérable et il est possible qu'on puisse tirer profit du soi-disant *effet fertilisant* du niveau amélioré du CO₂.

Table 8: Effets des facteurs climatiques sur l'agriculture

Facteurs climatiques	Effet	Impact sur l'agriculture
Hausse de la température	Contraintes sur les principaux stades de développement des plantes	Baisse des rendements
	Excès de chaleur sur le bétail ; Hausse de la mortalité bovine en zones tempérées	Baisse de productivité
	prolifération de vecteurs de parasites ; maladies de la mosaïque, nécrose sur tige	Effets nuisibles sur les récoltes Utilisation accrue de pesticides et désastres environnementaux
	Impacts sur l'évapotranspiration et les ressources en eau	Effet de sécheresse Impact la qualité du fourrage du bétail dans les grands pâturages libres
Pluviométrie	Réduction et/ou variabilité accrue, risques d'inondation	<ul style="list-style-type: none"> _ Pertes de rendement dues au déséquilibre du bilan hydrique des plantes _ Erosion hydrique
Hausse du niveau de CO ₂		Gain ou perte de rendement selon le type de plante (C3 ou C4), en fonction des autres paramètres climatiques

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

4.2. Variabilité climatique et ressources naturelles au Nord-centre Côte d'Ivoire

Au Nord-centre, la variation du climat est aisément perceptible à travers l'évolution de la pluviosité enregistrée au cours de ces dernières années. Ainsi, après les épisodes de grandes sécheresses de 1972-73 et de 1982-84, on a constaté une remontée de la pluviométrie vers les années 1990. Cette tendance s'est maintenue jusqu'en 1998. De 1999 à 2008, on a enregistré une fluctuation de la pluviométrie. En plus des hauteurs de pluie, on note également une variation sur la durée des pluies. Par exemple, en 2006, alors qu'on enregistrerait en 80 jours, 1150 mm de pluie, en 2007, on enregistrerait quasiment la même hauteur de pluie tombée en 60 jours.

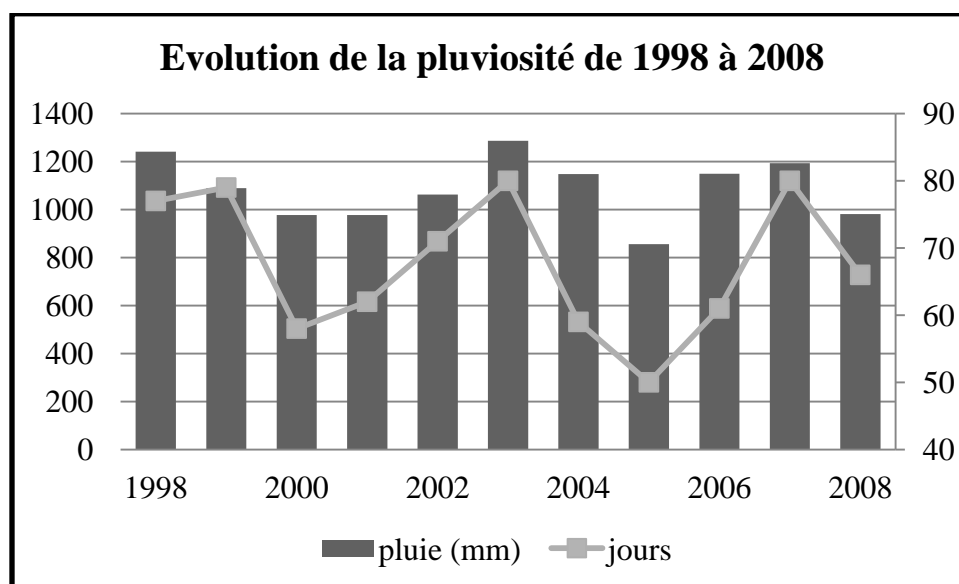


Figure 7: Evolution de la pluviosité à Ouangolodougou

Source : Rapports d'activités et compilation de l'auteur

Ces perturbations climatiques se caractérisent par un accroissement du taux de semis tardifs, conséquence de l'installation tardive des pluies et de leur mauvaise répartition. Ces semis tardifs (Mois de Juillet) ont pour conséquence l'état de déficit hydrique dans laquelle se retrouvera la plante durant ses différents stades de croissance et réduisent considérablement les rendements. Sur le coton (DAKUO et al, 1993), cette réduction est estimée à 260 kg/ha et par décade de retard. Au-delà du 1er juillet, chaque semaine de retard entraînera une perte de rendement de 15% (DAKUO, 1995 : cité par VOGNAN, 2009). La Figure 7 sur les taux de semis de Juillet décrit une situation de vulnérabilité face aux aléas climatiques.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

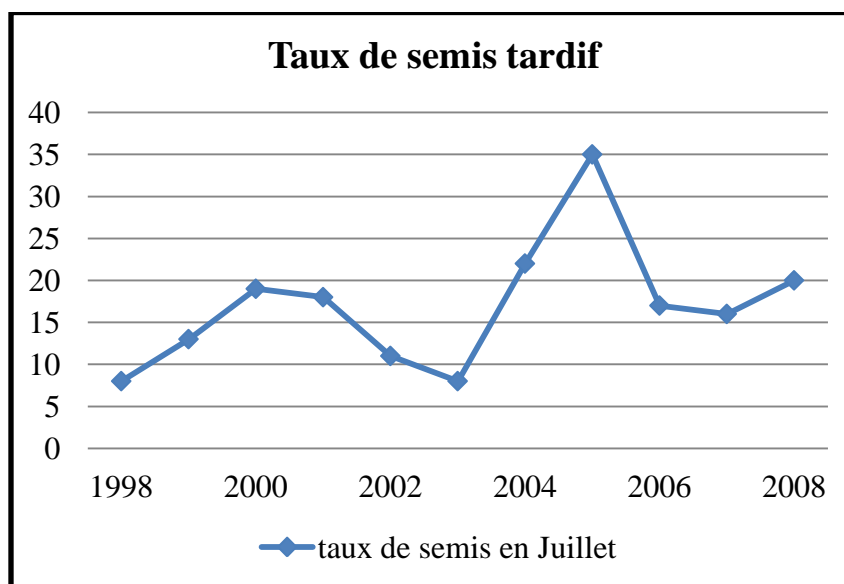


Figure 8: Evolution du taux de semis du mois de Juillet en 10 ans

Source : Rapports d'activités et compilation de l'auteur

Toujours suite à la variation du climat, des impacts significatifs sont enregistrés sur les ressources naturelles à Nambingué et dans sa zone. Sur les sols, on a noté une forte dégradation due à l'érosion essentiellement due à l'intensité du régime pluviométrique et la fréquence de plus en plus grande des événements extrêmes. Les chocs des gouttes de pluie (effet splash) sont à la base de deux types d'érosion hydrique rencontrés (érosion en nappe et érosion en ravines). Les mesures sous simulation de pluie (Mijta, Lepage et Valentin, 1997) ont fait apparaître, des pertes en terre d'autant plus marquées que le sol reste découvert. Il s'en suit alors une baisse de la productivité des sols donc des rendements; ce qui engendre une augmentation des surfaces cultivées chaque année. L'équilibre écologique est ainsi menacé.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

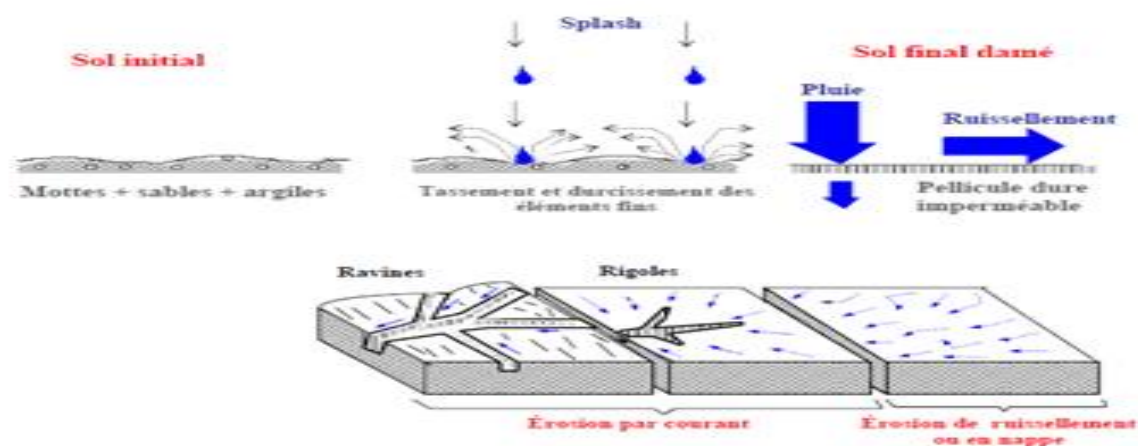


Figure 9 : Mécanismes de l'érosion

Source : Cours de CES 2008, H YACOUBA.

Par la destruction de leurs habitats, par le surpâturage ou tout simplement suite à une exploitation abusive, certaines espèces forestières sont en voie d'extinction. En effet, des tonnes de bois de feu et de charbon de bois sont acheminées chaque jour des zones rurales vers les villes. Selon des études menées par la FAO en 2006, 90% environ de la population urbaine de la région des savanes utilisent le bois de feu ou le charbon de bois et 100% des ménages ruraux utilisent le bois de chauffe. Le bois constitue donc une source de revenus non négligeable. Il faut également noter que sur les 172 000 km² qu'occupe la région des savanes, 90% constituent l'espace rural (soit 155 700 km²). Sur ces 155 700 km², seulement 2% sont couverts par les forêts classées et réserves (3 000 km²), 70% environ sont des cultures et 28% des jachères, pâturages et des zones non cultivables(FAO). Cette augmentation des surfaces exploitées a également des conséquences graves sur la survie de nombreuses espèces d'animaux ; certaines d'entre elles ont disparues et d'autres sont menacées de disparition.

Sur les ressources en eau, en plus de leur raréfaction, il faut noter une pollution du fait de l'utilisation des produits chimiques pour la production de coton.

4.3. Les producteurs de Nambingué face à la variabilité climatique

Face à ces différentes contraintes qui limitent la production agricole, dans le souci d'assurer leur subsistance, les producteurs de Nambingué ont développé différentes stratégies pour répondre au

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

souci de réduction de risque climatique (diminution des rendements). De celles-ci nous retiendrons :

Les changements variétaux opérés par les paysans afin de caler le cycle des cultures à celui de la pluviométrie et le choix judicieux des variétés.

L'adoption de pratiques culturales à haut risque destinée à gagner plus de temps (Prudencio, 1986). Le semis à sec avant les premières pluies (mai) est l'une des stratégies déployées par les producteurs pour gagner du temps. Cette pratique est de plus en plus répandue (malgré le risque que cela implique) au fur et à mesure que la pluviométrie devient aléatoire.

A ces stratégies, il faut ajouter la diversification des systèmes de culture, la précocité des opérations culturales, l'accroissement des superficies cultivées, les rotations des cultures.

Malgré la mise en œuvre de ces stratégies, le constat demeure le même, c'est que l'agriculture traditionnelle n'est pas une solution pour accroître la production à long terme, ces techniques ne permettent qu'une amélioration marginale des rendements.

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1. Allocation des terres

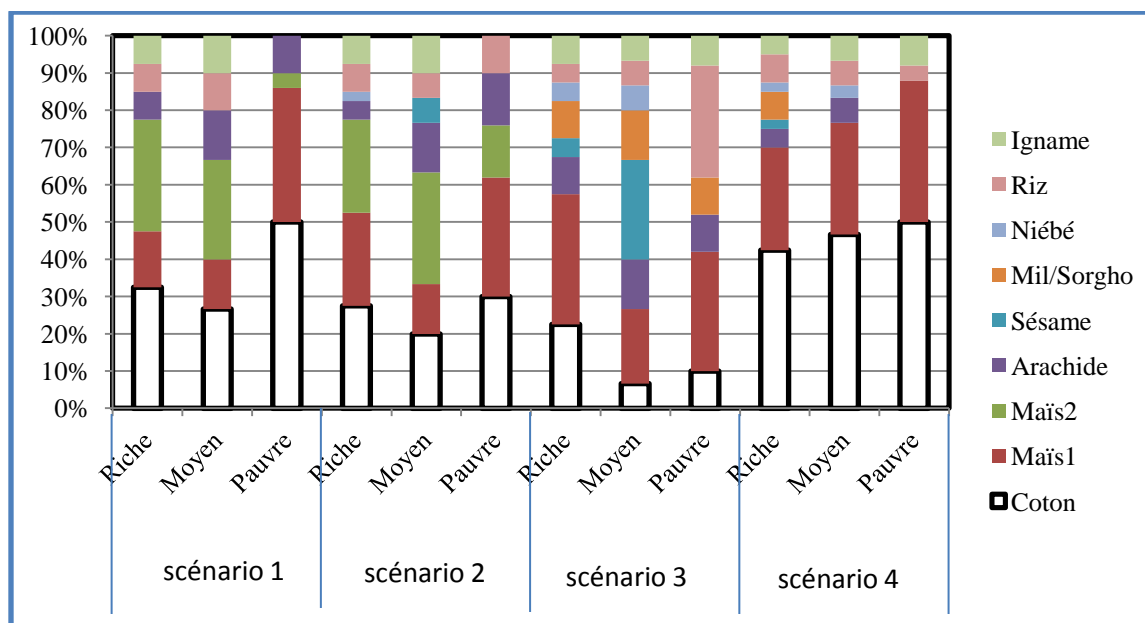


Figure 10: Allocation des terres suivant les scénarios

Source : GAMS

Dans tous les scénarios de simulation, toutes les superficies disponibles sont mises en culture par les UP. Il convient de rappeler que les superficies en jachère ne sont pas prises en compte par le modèle.

Dans le scénario 1, notre scénario de base, l'analyse des plans optimaux de production montre une prédominance du coton et du maïs. Les prévisions donnent un assolement de coton et de maïs respectivement de 32% et 45% et pour l'UP riche, 27% et 40% pour l'UP moyenne et 50% et 46% pour le type pauvre. L'importance relative de l'assolement du coton s'explique par la dépendance aux intrants octroyés (à crédit proportionnellement aux superficies de coton emblavées). Cette dépendance est particulièrement vraie pour l'UP pauvre.

Dans le scénario 2 (introduction de la variété Bt), on constate également une prédominance des assolements de coton et de maïs. Les superficies de coton emblavées baissent de 4%, 8% et 20% tandis que les superficies de maïs augmentent légèrement de 5%, 3% et 6% respectivement pour les UP de type riche, moyen et pauvre. L'introduction de cette variété a libéré du capital et de la main d'œuvre au profit des autres cultures.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Le scénario 3 est un scénario qui propose la généralisation du crédit agricole. Cette généralisation du crédit a pour corolaire la généralisation des pratiques de fertilisation. L'analyse des résultats montrent une diversification des systèmes de culture. Ces résultats prévoient :

Pour l'UP riche une diminution de la superficie de coton qui passe de 32% à 22%. La superficie de maïs passe de 45% à 30%. La superficie d'arachide passe de 10% à 13%. Ces technologies favorisent également l'insertion du mil du sésame et du niébé qui occupent désormais 10% et 5 % des superficies cultivés.

Pour l'UP moyenne une diminution de la superficie de coton qui passe de 27% à 6%. La superficie de maïs passe de 40% à 20%. La superficie d'arachide demeure constante, tandis que le mil, le sésame et le niébé entrent dans le plan optimal de production et occupent respectivement 14% ,26% et 6 % des superficies cultivés.

Pour l'UP pauvre une diminution de la superficie de coton qui passe de 50% à 10%. La superficie de maïs passe de 46% à 32%. Le riz et le mil, entrent dans le plan optimal de production en couvrant respectivement 30% et 11 % des superficies cultivés.

Dans ce scénario, on remarque la disparition du maïs² (maïs extensif) des assolements.

Par ailleurs, la baisse des emblavures de coton traduit sa faible valeur ajoutée à l'hectare (par rapport au maïs) à ce niveau de rendement. Le maintien du coton dans les assolements serait uniquement dû aux contraintes de rotation inclut dans le modèle.

Le scénario 4 est un scénario qui propose la généralisation du crédit agricole et l'utilisation d'une variété plus productive, de coton Bt. Ce scénario implique la fertilisation organo-minérale et à l'utilisation d'une variété productive, de coton Bt. L'analyse des résultats montrent une prédominance du coton et du maïs et prévoient :

Un accroissement de 10 et 20 % de la superficie de coton des UP riches et moyennes respectivement par rapport à la situation de référence. La part de coton de l'UP pauvre demeure la même. Le maïs¹ (maïs intensif) domine les assolements. Les terres de maïs baissent de 17,5%, 10% et 2% ; cependant elles parviennent à assurer la satisfaction des besoins alimentaires des différentes UP.

5.2. Revenus monétaire

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

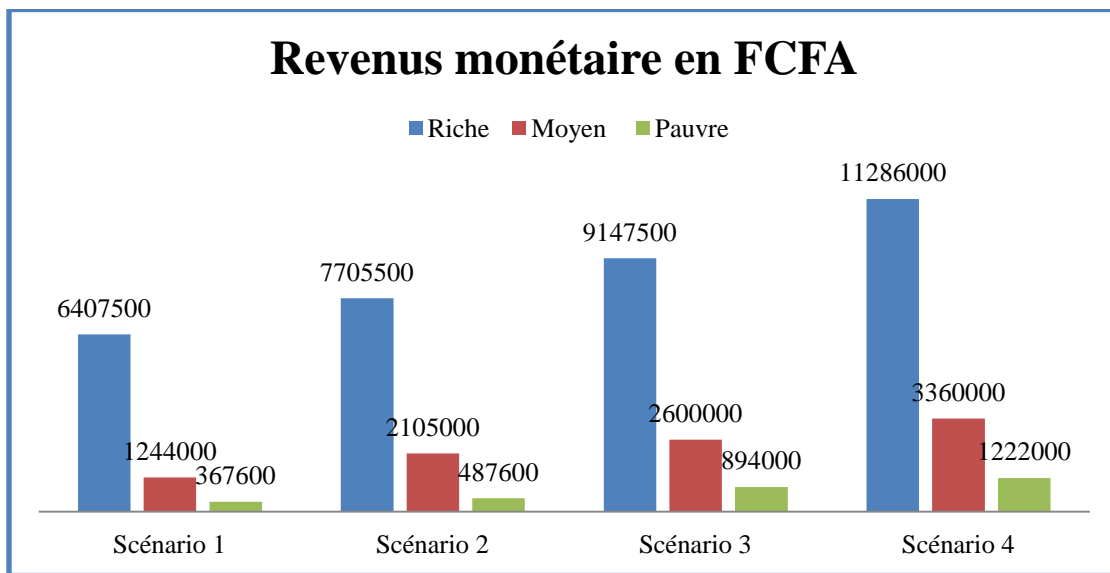


Figure 11: Revenus monétaires par type d'UP en fonction des scénarios

Source : GAMS

Dans le scénario 1, notre scénario de référence, les UP de type riche, moyenne et pauvre génèrent un revenu annuel de 6 407 500 FCFA, 1 244 000 FCFA et 367 600 FCFA respectivement.

Dans le scénario 2 (variété Bt), les revenus des UP riche, moyenne et pauvre augmentent respectivement de 20%, 69% et 32% par rapport au scénario 1. Soit : 7 705 500 FCFA, 2 105 000 FCFA et 487 600 FCFA.

Dans le scénario 3 (crédit généralisé), les revenus des UP riche, moyenne et pauvre augmentent de respectivement de 42%, 109% et 143%. Soit : 9 147 500 FCFA, 2 600 000 FCFA et 894 000 FCFA.

Dans le scénario 4 (crédit+variété Bt), les revenus des UP riche, moyenne et pauvre augmentent respectivement de 76%, 170% et 232%. Soit : 11 286 600 FCFA, 3 360 000 FCFA et 1 222 000 FCFA.

Le revenu monétaire des différents types d'UP est positif quelque soit le scénario. Ce qui explique la relative autosuffisance alimentaire actuelle des habitants de la zone. Le revenu monétaire est égal à la production vendue, déduction faite de la part autoconsommée. La variation observée au niveau des revenus est une conséquence des variations du niveau de rendement des cultures (fonction du niveau d'intensification). En conclusion, la variation du niveau d'intensification a un effet sur le revenu des producteurs.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

La différence de revenus entre les différentes UP nous amène à nous pencher sur les valeurs marginales que pourrait engendrer l'augmentation des différentes variables d'une unité.

5.3. Les valeurs marginales

La valeur marginale ou valeur duale mesure la contribution à la fonction « objectif » de la ressource qui est limitante au cas où une unité supplémentaire de celle-ci venait à être disponible. Concrètement cela veut dire par exemple que si la valeur marginale en terre est de 10 000 FCFA, le producteur gagnera 10 000 FCFA de plus sur son revenu s'il pouvait augmenter la surface de sa propriété d'un ha.

L'analyse des valeurs marginales montre :

Dans le scénario 1, lorsque la surface est limitée à 5 ha (UP pauvre), la terre présente une valeur marginale qui est de 64 460 FCFA. Et lorsque la terre n'est plus limitant (UP moyenne et riche), le travail en période de récolte le devient : 940 FCFA/j et 1120 FCFA /j. Dans les scénarios 2, 3 et 4 pour l'UP pauvre, on enregistre une valeur marginale de 77 830 FCFA/ha, 180 000 FCFA/ha et 230 000 FCFA/ha. Pour les UP moyenne et riche, le travail (particulièrement en période de récolte) devient limitant avec respectivement 1050 FCFA/j, 1185 FCFA /jet 1360 FCFA /j, 1458 FCFA /j.

5.4. Niveau des crédits

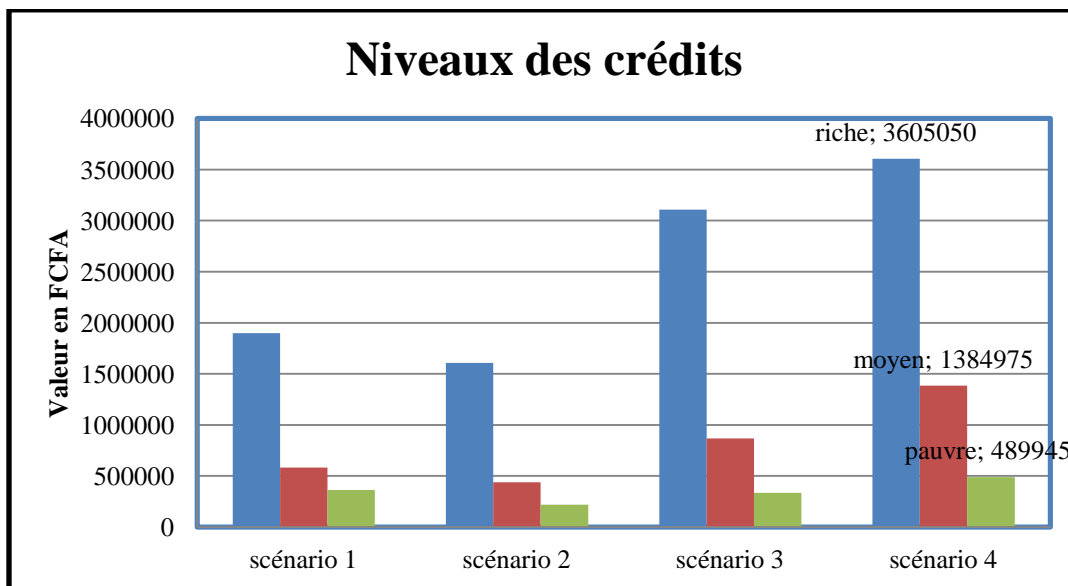


Figure 12: Niveaux de crédit par scénario (GAMS)

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Dans les scénarios 1 et 2, le crédit est limité et est fonction de la surface de coton emblavée

5.5. Niveaux des rendements de coton

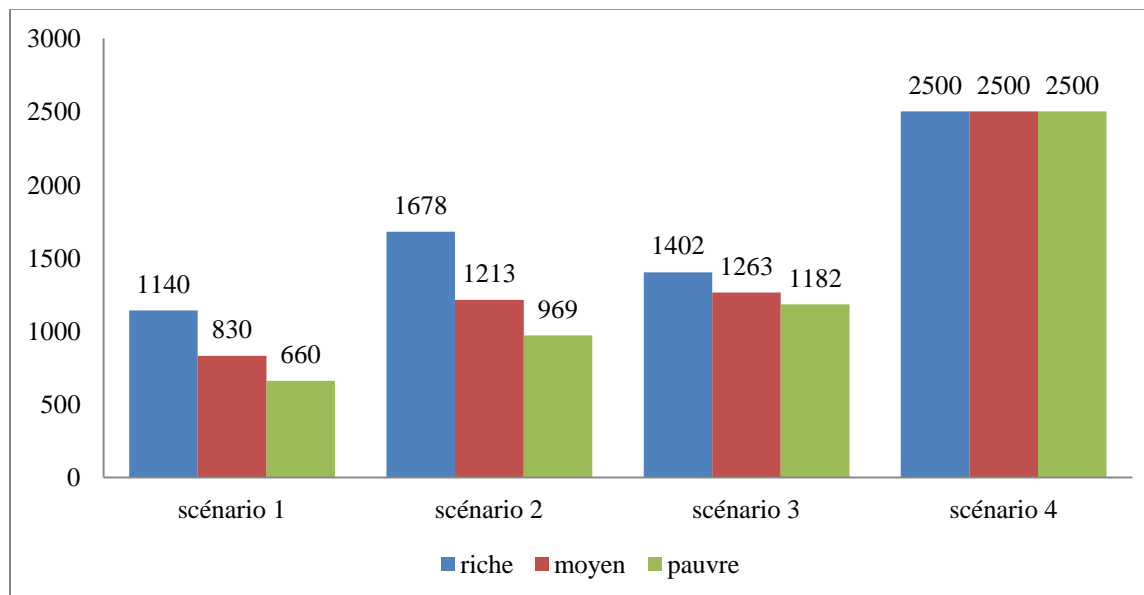


Figure 13: Rendements coton des différentes UP par scénario.

Source : Estimations de l'auteur

Dans le scénario de base, les rendements de coton sont relativement faibles. L'UP riche réalise un rendement 1140 kg/ha, l'UP moyenne 840 kg/ha tandis que l'UP pauvre 660 kg/ha. Mise à part les mauvaises pratiques paysannes (densité de semis, mauvais contrôle des adventices, épandage tardif d'engrais...) ou les contraintes de main d'œuvre qui entraînent le non respect de l'itinéraire technique, les faibles rendements s'expliquent par la pauvreté des sols et les faibles apports en fertilisant et de matière organique. L'absence d'aménagements antiérosifs, et l'intensité du régime pluviométrique favorisent également l'appauvrissement des sols. Dans le scénario 2, l'introduction de variétés plus productives permet d'accroître les rendements à ce niveau de fertilisation. Mais, cet accroissement n'est pas durable sans apport de fertilisation. Elle ne permettrait pas de mettre en valeur le potentiel productif du matériel végétal. Dans le scénario 3, le scénario d'intensification se caractérise par une fumure minérale et organique forte. Toutes les UP respectent les doses d'engrais minéraux recommandées et épandent des quantités (5 t/ha à 40 t/ha) de matière organique. Les gains de rendements pour l'UP riche sont de 538 kg/ha (variété) et de 242 kg/ha (apport fertilisation). Pour l'UP moyenne, on a 380 kg/ha (variété) et 430 kg/ha

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

(apport fertilisation). Pour l'UP pauvre, on gagne 309 kg/ha (variété) et 522 kg/ha (apport fertilisation).

En conclusion, la productivité des sols et le potentiel génétique du matériel végétal utilisé (variété de semence) sont les facteurs limitant les rendements des cultures.

Dans le scénario 4, l'utilisation simultanée de la fumure forte et de la variété Bt permet à celle-ci d'exprimer son potentiel. Les rendements sont estimés à 2500 kg/ha.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

VI. CONCLUSION

La présente étude a évalué les possibilités d'une intensification de l'agriculture dans les systèmes de production du Centre-nord de la Côte d'Ivoire à partir des nouvelles technologies (fertilisation organo-minérale, variété coton Bt). Le constat de départ est que la crise politique de cette dernière décennie combinée au processus de privatisation/libéralisation a déstructuré les filières agricoles de la région qui reposait sur un modèle verticalement intégré basé sur la culture du coton. La réduction du crédit agricole opéré a mené vers une agriculture à faible intrant.

Il ressort que la dépendance au crédit agricole maintient le niveau du coton dans l'assolement des producteurs. Au niveau actuel des rendements, la faible valeur ajoutée (à l'hectare) par rapport au maïs freine l'extension du coton dans les assolements. Le niveau de pauvreté limite l'utilisation de fertilisants. Il ressort aussi que l'utilisation de variété à haut potentiel de rendement et le crédit agricole permettent d'augmenter le revenu monétaire de 76% à 232% suivant le type d'UP. L'accroissement des revenus se réalisant grâce l'augmentation des rendements.

En somme, l'utilisation combinée des techniques de CES, de la fertilisation organique et minérale et des variétés améliorées constitue un important potentiel d'accroissement de la production agricole.

Face à la pression démographique et devant la nécessité de stimuler la croissance économique, les acteurs du développement sont interpellés pour la recherche de systèmes d'innovations et de mécanismes financiers pour faciliter et encourager l'appropriation de ces technologies par les producteurs. L'information climatique, le crédit agricole et le renforcement des capacités, l'information agricole et la gestion des connaissances, l'irrigation, se révèlent être des stratégies les plus efficaces dans un contexte de variabilité climatique.

VII. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

❖ *Recommandations*

Pour doubler la capacité productive des producteurs SECO nous recommandons de:

- Organiser des journées de réflexions ouvertes à tous les acteurs concernées (producteurs, OPA, C/A) pour un état des lieux. Différents thèmes de réflexion devront être proposés. Ceci permettrait de lancer les bases d'une approche plus participative.
- Mettre en place un modèle d'encadrement qui prend en compte la diversité des UP et des zones agro-écologiques exploitées. Une typologie devra être adoptée et actualisée à chaque plan de campagne. Une carte d'occupation des sols devra également être réalisée. Toutes les informations agricoles devront être recueillies et centralisées dans une base de données. Un SIG constituera un excellent outil d'analyse et d'aide à la décision adapté à notre situation.
- Renforcer les capacités des producteurs et poursuivre le crédit à l'équipement. Ceci pour atteindre une mécanisation à 100% et doter les producteurs du paquet technologique nécessaire à la culture du coton. En plus du suivi des équipements, un système de suivi sanitaire des bovins de traits devra être mis en place. Une étude pourra évaluer les possibilités de mutualisation du coût lié à ce service par la mise en place d'une assurance mortalité bovine.
- Mettre en place un dispositif de Recherche-Action en partenariat. Il s'agit d'expérimenter avec les producteurs à travers les OPA les techniques de CES ainsi que la prévision saisonnière. Ceci pour d'une part limiter les phénomènes d'érosion et améliorer la production et l'utilisation de fumure organique ; d'autre part rendre disponible l'information climatique aux producteurs. Ces innovations devront être menées avec les producteurs au sein des exploitations, afin qu'ils déduisent d'eux même celles concluantes à vulgariser.
- Mettre en place des indicateurs de suivis écologiques.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

❖ Perspectives

- Les limites de notre modèle pourront être repoussées en complétant cette étude par la prise en compte d'autres paramètres tels que : le risque climatique, les techniques culturales, l'aptitude des sols, le bilan minéral des sols, l'élevage...etc. Une analyse à l'échelle du village qui prend en compte les limites naturelles du terroir, la multifonctionnalité des ressources constitue également une perspective à travers le développement d'un modèle village.
- L'acquisition d'engins motorisés est coûteuse et représente d'importantes charges non encore maîtrisées. Un modèle créé sous MS Excel réalisant le compte de résultat prévisionnel sur 5 ans et analysant certains indicateurs a été créé à partir de données techniques issues de la littérature. La conduite d'une étude expérimentale à partir de suivis d'équipements permettrait de statuer sur les opportunités de motorisation.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

VIII. BIBLIOGRAPHIE

BLANCHARD M., 2010 Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali Sud : savoir techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture élevage. Thèse de Doctorat, UPEC-Val de Marne, France.301p+annexes.

BARBIER B. et BENOÎT-CATTIN M., 1997. Viabilité à court et à long terme d'un système agraire villageois d'Afrique Soudano-sahélien, *Economie rurale*, N° 239, Mai-Juin 1997, p 30-39.

BARBIER B., 1994. Modélisation Agronomique et Economique de la Durabilité d'un Système Agraire Villageois : le cas du village de Bala au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, ENSAM-Montpellier, France.328p+annexes.

BELIERES J.-F., BOSCH P.-M., FAURE G., FOURNIER S. et LOSCH B., 2002. Quel avenir pour les agriculteurs familiaux d'Afrique de l'Ouest dans un contexte libéralisé ? Dossier n° 113, IIED, 40 p.

BOUSSARD, J. M., 1987, *La programmation linéaire dans les modèles de production*. Paris, Eds Masson, 152 p.

CHALEARD J-L et N'Daw P. 1992 Migrations et intensifications : la dynamique agraire des Lobi du Nord-est ivoirien Cah. Sci. Hum. 28 (2) : 26 I-281

DEMONT M., JOUVE P., STESENS J. et TOLLENS E., 2004. Boserup versus Malthus revisités: Evolution des Exploitations agricoles dans le nord de la cote d'ivoire. Working Paper, n° 87, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven.

DEVEZE J-C Réflexions sur les processus d'innovation en zones cotonnières et irriguées africaines *ISDA 2010, Montpellier, June 28-30, 2010*

DEVEZE J.-C., HALLEY DES FONTAINES D., 2005. *Le devenir des agricultures familiales des zones cotonnières africaines : une mutation à conduire avec tous les acteurs*. Paris: AFD/EVA/ STR, 85 p.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

DAKOUO D., 1997. La fertilisation du cotonnier dans les systèmes de culture : justification agronomique et économique, INERA, Programme Coton, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 55p.

DUFUMIER D. 2004 Etude des systèmes agraires et typologie des systèmes de production agricole dans la région cotonnière du Mali. Projet « caractérisation des systèmes agraires » Institut National Agronomique Paris-Grignon, France.

DUGUE P., OLINA J.P., 1997. Tests fumure organique sur céréales ; rapport d'activité convention IRADDPGT.

FARA (Forum pour la recherche agricole en Afrique). 2008. *SCARDA (Renforcement des capacités pour la recherche et le développement agricoles en Afrique). Volume 3. Documents d'information.* Accra, Ghana. 68 pp.

FERRATON N. et TOUZARD I., 2009. Comprendre l'agriculture familiale : Diagnostic des systèmes de production; Quae, CTA, PAG.

FLICHMAN (G.), 1986 - Type d'exploitation agricole, alternatives productives et compétitivité. Communication présentée au colloque "Diversification des modèles de développement rural", Min. de la Recherche et de la Technologie, Paris. 6p.

FLICHMAN G. et JACQUET F. 2001. Le couplage des modèles agronomiques et économiques : intérêt pour l'analyse des politiques, 22 p.

GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse.

LANDAIS P. et LHOSTE P. 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain.

LHOSTE (Ph.), 1989. - L'élevage du bétail trypanotolérant s'intègre-t-il dans les systèmes de production de la zone humide d'Afrique occidentale et centrale? Communication au Séminaire FAO « Trypanotolérance », Banjul (Sept.1989), Montpellier, LECSA, multigr.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

M'BIANDOUN M. et THEZE M. Maintien ou amélioration du potentiel productif des sols en région soudano-sahélienne du Nord-Cameroun *Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.*

Ministère de la coopération Française, 1980. Mémento de l'agronome. Troisième éd., 1573 p.

OUEDRAOGO S. 2005 Intensification de l'agriculture dans le plateau central du Burkina Faso : Une Analyse des possibilités à partir des nouvelles technologies. Thèse de Doctorat, *Rijksuniversiteit Groningen, Pays-Bas.*336p+annexes.

OUERESSE A. 2008- Impact de la variabilité du climat sur les exploitations cotonnières du Burkina Faso : Cas d'une exploitation agricole du village de Bala. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, 2IE, Burkina Faso. 62 p+annexes.

PIERI (C.), 1989. - Fertilité des terres de savanes. Bilan de 30 années de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. Paris, min. Coop. / CIRAD.

VOGNAN G. -2010.-Evaluation des conditions de rentabilité du coton GM dans les agro-systèmes cotonniers du Burkina Faso. INERA Burkina Faso.

YACOUBA H. 2001 Cours d'agriculture : gestion de la fertilité des sols et techniques de production. EIER Burkina Faso. 123p.

YACOUBA H. 2008 Cours de CES. 2IE Burkina Faso.139p.

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

IX. ANNEXES

Fiche 1 : Zonage agro-écologique

1) Géomorphologie, hydrographie et sols

- Formes du relief

Bas-fond interfluves glacis replats sommitaux affleurement rocheux

- Ressources en eau

Cours d'eau permanents Cours d'eau saisonniers Ravines

- Sols

Tenture : type (couleur, tenture, profondeur, humidité)

.....

Charge en cailloux.....

Présence d'humus.....

Les observations géologiques et pédologiques pourront se faire à partir de coupes et d'affleurements naturels (routes, chemins champs...).

2) Végétation

Végétation spontanée, composition et diversité

- Formations arborées :

Importance.....

Description.....

Types d'arbres.....

Localisation des arbres.....

- Formations arbustives

Importance.....

Description.....

Types

d'arbres.....

Localisation des arbres.....

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

- Formations herbacées

Importance.....

Description.....

Type.....

Localisations.....

Usages (pâturage ou jachère ou autre).....

Végétation cultivée

- Culture pérenne

Vergers

Haies

arbres disséminés *

*

Type d'arbres.....

Localisation.....

Densité.....

- Culture annuelle :

Types de champs

Champs de case

Champs de brousse

Champs de village

Taille des champs.....

Types de cultures.....

Associations culturaux.....

Travail du sol

Manuel

Mécanisé

Proportions relatives de formations végétales.....

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

3) Forme parcellaire, aménagements et traces de pratiques culturelles :

- Les champs sont-ils :

Fermé ouvert
la dans le sens de la p en

- Présence de :

Talus Fossés Rigoles Drains Infrastructures d'irrigations

Captage de sources Clôtures Haies Mur sec Rampes

- Traces de pratiques culturelles

Défrisage Brulis

4) Infrastructures, VRD

- Décrire comment est construit le village.....
.....
.....

- Infrastructures dont bénéficie le village

Electricité forages dispensaires écoles
marché autre (précisez)

- Habitat et matériaux de constructions ?.....
.....

- Y'a-t-il des constructions hors du village ?

Si oui, quels sont leurs fonctions :

Parcs à animaux Campements autre (précisez).....

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

- Combien y'a-t-il de routes et de chemins pour accéder au village ?

.....
.....

- Leurs états respectifs?.....

.....

- Sont-ils accessibles aux véhicules durant toute l'année.....

.....

- Y'a-t-il des aménagements hydro-agricoles

Digues

Barrages

Autres (précisez).....

5) Animaux

- Animaux sauvages éventuels

Gibier

Autres (précisez).....

- Animaux d'élevages

Types (espèces et races).....

Nombre (estimation).....

Habitats (écuries, étables, enclos, parcs, autres).....

Fiche 2 : Evolution historique de l'agriculture

- 1) Pour une période donnée, récente, au cours de laquelle une agriculture stable peut être décrite (à dater)

L'écosystème exploité

- paysage (à une époque à dater) dans les différentes unités agro-écologiques identifiées lors de la première étape (CF fiche1)

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

.....
.....
.....

Les modes d'exploitation du milieu

- espèces végétales exploitées :

Passé.....
.....

Présent.....
.....

- espèces spontanées

passé.....
.....présent

- variétés à disposition des agriculteurs

Passé.....
.....

Présent.....
.....

- localisations et répartitions des espèces cultivées

passé.....
.....présent

- rotations pratiquées, jachères, périodicités rotation-jachères

Passé.....
.....

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

Présent.....

.....

- outillage et équipements utilisés

Passé.....

.....

Présent.....

.....

- espèce et races animales exploitées

Passé.....

.....

Présent.....

.....

- ressources fourragères

.....

.....

.....

.....

- modes de conduite des troupeaux

.....

.....

.....

.....

- techniques d'entretiens de la fertilité de différents types de parcelles ? (engrais fumier, compost, etc.)

.....

.....

.....

.....

La population et ses activités

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

- A l'échelle du village, habitants, familles, concessions

.....
.....
.....
.....

- origines des habitants du village

.....
.....
.....

- activités non agricoles pratiquées dans le village (chasse, cueillette, artisanat, industries locales, autres à préciser)

.....
.....
.....
.....

Les exploitations agricoles

- Comment étaient constituées les familles d'agriculteurs (large, restreint) ?

.....

De la main-d'œuvre externe était-elle employée ? A quelles taches ? A quels coûts ?

.....

Actuellement.....

.....

Existait-il des groupes d'entraide mutuelle, des groupes de travaux, des GIE ?

.....

.....

Actuellement.....

.....

- Comment était géré le foncier ? y avait-il des espaces collectifs ? quels étaient les différentes parcelles et les espaces qu'une famille exploitait ?

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

.....
.....
Actuellement.....

- Quelle était la nature des échanges de terre, de main d'œuvre, de (équipement ou autre) entre les types d'exploitations.

2) Pour rendre compte des phases de transformation de l'agriculture

Evolutions et évènements locaux

- Evolution démographique croissance, immigration, émigration, autre

- Evolution du réseau de communication (chemins, routes, téléphone).

Evolutions de l'environnement économique, social et politique

- Evolution des prix, des marchés, des débouchés

- Evolution des politiques agricoles, règlementations, implantations d'entreprises ou de projets de développement.

FICHE 3 : Caractérisation du système de culture

1) Caractéristiques des parcelles

- Situation géographique de la parcelle
.....
- Taille de la parcelle (ha)
.....
- Type de sol
.....
- Hydrographie
.....
- Espèces spontanées
.....
- Aménagements (Murets, rampes antiérosives, clôtures, drains)
.....

2) Espèces, successions et rotations

- Y a-t-il un ou plusieurs cycles pratiqués sur une même parcelle pendant une année ?
.....
- Quelles sont les successions culturales sur plusieurs années. (rotations)
.....
- Les parcelles sont-elles mises en valeur de la même façon tous les ans ?
.....

.....
Sinon, quelle est l'alternance, la périodicité ? Se traduit-elle dans l'assolement des cultures dans l'exploitation ?
.....

- Les parcelles connaissent-elles des périodes de jachère ? Pendant combien de temps ?
.....

3) L'association ou la culture pure

- Des espèces différentes sont-elles cultivées en même temps, sur le même espace ?

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

-
- Fondements des associations de cultures ?
-

- Décrire précisément les espèces (proportions de différentes espèces et variétés, dispositions dans l'espace). Faire un schéma.
-
-
-

4) Itinéraires techniques pratiqués

- moyens matériels

Nature	Unités	Année d'acquisition	Cout d'acquisition	Mode d'acquisition
Tracteur				
BCA				
Multiculteur				
Charrue				
Semoir				
Sarcler				
Butteur				
Canadien				
Machette				
Daba				
Houe				
Charrette				
Camion				
Pièces détachées				

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

- Le matériel, les équipements sont-ils loués, prêtés ? Préciser ? Coûts de la location ? Si prêté, contraintes ? (temps, calendrier) Disponibilité à tout moment ? (lister le matériel)

.....

- Répartition des tâches au sein de la famille ?

	Labou r	T. herbicid e	semi s	démariag e	Ebandag e	sarclag e	T.insec t	Buttag e	Récolt e
Hommes									
Femmes									
Enfants									
MO exté									

.....

- Main d'œuvre extérieure à la famille (salariale, permanente ou temporaire) ? Coûts ? groupement de travail ?

.....

Type de travail	Rémunération
Journalier	
Mensuel	
Saisonnier	

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

- Itinéraires techniques pratiqués pour la culture du coton et des autres cultures

Opérations	Période de réalisation	Equipements et outils	Propriété de l'équipement utilisé	Organisation du travail	Temps de travail (homme-jour)
Défrichage					
Préparation des sols (piquetage, billonnage, labour-hersage, cannadien-nage)					
Délimitation					
Semis					
Resemis					
Démariage					
Lutte contre l'enherbement					

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

(sarclage, lutte chimique)					
Sarclage, buttage					
Epanrages engrais NPK					
Epanrages engrais urée					
Fertilisations organiques (compost, fumier, etc.)					
Traitements insecticides – –					
Récoltes					
Arrachages des vieux cotonniers					

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

5) Reproduction de la fertilité

- Quantités d'engrais utilisés?

.....

- Quantités de fumiers utilisés ?

.....

- Temps de jachère, de friche ?

.....

- Parcages d'animaux ? (estimer la quantité de poudrettes de parcs produites)

.....

- Moyens de transport utilisés pour le transfert de fertilité ?

.....

- Des espèces spécifiques (légumineuses) sont-elles utilisées pour le maintien de fertilité ?

- approvisionnement en intrants

Nature	Quantité	Prix d'achat	Mode d'acquisition (crédit/comptant)	Source d'approvisionnement (SECO, com.privé, OPA)
NPK				
Urée				
Herbicides				
Insecticides (nom)				

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

.....				
.....				

6) Performances techniques

- Liste des produits, sous produits finaux sortis au champ

Produits	Destinations	Sous-produits	Quantités (estimé)	Destinations

Adoptabilité technico-économique dans les systèmes de production du centre-nord de la cote d'ivoire : le cas du village de Nambingué

- évaluation des performances

Cultures	Rendements (kg /ha)		Quantités produites(t)		Quantités (t)				Prix sur le marché (FCFA) PAR, PS*
	2008-2009	2009-2010	2008-2009	2009-2010	vendu	Autoco nsomm ée+con servée	Rému nérer en nature	Perdu *	

*PAR : prix de vente à la récolte
 R : prix de vente pendant la soudure