



**Thèse Présenté par  
COMBARY S. Omer**

**UNIVERSITE DE  
OUAGADOUGOU**

**Impacts de l'efficacité Technique sur la  
Productivité des  
Exploitations Cotonnières au Burkina Faso**

---

**09 Décembre 2008**



**BURKINA FASO**  
*Unité - Progrès - Justice*

**UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU**



**UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN  
SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION (UFR/SEG)**



**Thèse de doctorat unique**

Spécialité

**ANALYSE ECONOMIQUE DU DEVELOPPEMENT**

**Impacts de l'Efficacité Technique sur la Productivité des  
Exploitations Cotonnières au Burkina Faso**

Présentée et soutenue publiquement le 09 décembre 2008 par

**COMBARY S. Omer**

Membres du jury

**Kimseyinga SAVADOGO**

*Professeur Agrégé en Sciences Economiques, Université de Ouagadougou, Directeur*

**Taladidia THIOMBIANO**

*Professeur en Sciences Economiques, Université de Ouagadougou, Rapporteur*

**Souleymane SOULAMA**

*Professeur Agrégé en Sciences Economiques, Université de Ouagadougou*

**Bernadette KAMGNIA / DIA**

*Professeur Agrégé en Sciences Economiques, Université Yaoundé II – Soa, Rapporteur*

**Hélène DABAT**

*Chercheuse de Recherche au CIRAD, Rapporteur*

120703

COM

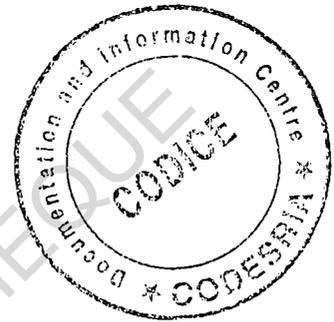
14505

06 AOUT 2009

12.07.03

COM

14505



*A papa et maman,*

*pour tous les sacrifices consentis*

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Remerciements

---

Cette thèse de doctorat unique est l'aboutissement des efforts conjugués de personnes ressources et d'institutions. Je veux à travers ces mots leur témoigner ma reconnaissance pour leurs apports inestimables à la faisabilité et à la qualité scientifique de ce travail.

Je tiens en premier lieu à remercier mon directeur de thèse, le Professeur Kimseyinga SAVADOGO, pour sa rigueur scientifique, ses critiques et ses suggestions qui m'ont permis d'avancer dans cette thèse. Je lui suis très reconnaissant de la liberté qu'il m'a accordée et de la confiance qu'il m'a fréquemment renouvelée au cours de mon travail. Je lui exprime ma profonde gratitude pour m'avoir permis de profiter de sa grande expérience de chercheur à travers les différents projets scientifiques auxquels, il m'a associé.

Je souhaite aussi exprimer ma gratitude au JIRCAS et au CODESRIA pour leurs appuis financiers déterminants dans la réalisation de cette thèse. Le JIRCAS a particulièrement contribué à ma formation pratique sur le terrain. Ce projet m'a permis de financer une partie de mes travaux de recherche en prenant en compte mes préoccupations sociales, scientifiques et en m'associant activement à la collecte de la base de données.

Le CODESRIA à travers sa bourse d'excellence m'a permis de mener à bien mes recherches à travers l'acquisition d'ouvrages et d'articles scientifiques. Cette bourse m'a permis de franchir aisément et avec plus d'assurance une étape cruciale de la rédaction de ma thèse.

Aux Professeur Taladidia THIOMBIANO, directeur du CEDRES et Professeur Souleymane SOULAMA directeur du troisième cycle à l'UFR/SEG, je témoigne ma grande reconnaissance. Les suggestions et remarques du Professeur Taladidia THIOMBIANO, m'ont permis de progresser dans la compréhension et le

traitement de mon sujet de recherche. Le Professeur Souleymane SOULAMA n'a ménagé aucun effort pour trouver des instructeurs à cette thèse. Je lui témoigne particulièrement ma profonde gratitude pour sa disponibilité et son investissement personnel pour les préparatifs de la soutenance de cette thèse.

Je tiens aussi à adresser mes sincères remerciements aux bonnes volontés qui ont bien voulu accepter d'instruire cette thèse de doctorat, me permettant ainsi de bénéficier de leurs réflexions et commentaires. Je pense aux Professeur Taladidia THIOMBIANO du CEDRES, Professeur Bernadette KAMGNIA du NPTCI et à la Chargée de recherche Marie-Hélène DABAT du CIRAD.

Je souhaite également remercier le personnel administratif et enseignant de l'UFR/SEG et du NPTCI pour leurs différentes contributions à ma formation ou à l'amélioration de mes conditions de travail. Mes remerciements s'adressent en particulier aux personnes qui ont accepté de sacrifier de leur temps et de leur énergie dans les discussions et commentaires sur mes travaux. Je pense en particulier aux docteurs Kassoum ZERBO, Abdoulaye ZONO, Harounan KAZIANGA, Pam ZAHONOGO, Denis OUEDRAOGO, Jean-Pierre SAWADOGO et Yiriyibin BAMBIO.

Mes remerciements les plus profonds s'adressent aussi à mes parents et à mes amis pour leur soutien moral et encouragement incessants tout au long de ces années de thèse. Que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance envers eux. Je ne saurais aussi témoigner suffisamment de gratitude envers toutes les personnes qui ont acceptée de lire et d'apporter des corrections aux fautes d'orthographe et de grammaire de cette thèse.

Il m'est enfin difficile de trouver les mots afin d'exprimer ma reconnaissance à Yolande KIENOU. Sa patience et son soutien permanent m'ont permis de résoudre certaines difficultés rencontrées au cours de mes travaux de recherche. Qu'elle sache que je suis pleinement conscient de tout ce que je lui dois.

Je suis reconnaissant envers tous ceux qui ont, par une remarque constructive ou une attention particulière, contribué à la réalisation de cette thèse. Malgré les efforts et les apports des uns et des autres pour améliorer la qualité scientifique de ce travail, je porte l'entière responsabilité si d'éventuelles erreurs ou insuffisances venaient à être décelées.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Sigles et abréviations

---

AMVS : Autorité de Mise en valeur de la Vallée du Sourou

BACB : Banque Agricole et Commerciale du Burkina

BM : Banque Mondiale

CEDRES : Centre d'Etude, de Documentation, de Recherches Economiques et Sociales

CES : Constant Elasticity Substitution

CCIC : Comité Consultatif International du Coton

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

DAGRIS : Développement des Agro-Industries du Sud

DEA : Data Envelopment Analysis

EPA : Enquête Permanente Agricole

FCFA : Franc de la Communauté Financière Africaine

FILSAH : Filature du Sahel

FOB : Free On Board

GPC : Groupement de Producteurs de Coton

GPS : Global Positioning System

IAP : Instrument Automatisé de Prévision

ICRISAT : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

IGB : Institut Géographique du Burkina

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

ITMF : Fédération Internationale des Industries textiles

JIRCAS : Japan International Research Center for Agricultural Sciences

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

MEF : Ministère de l'Economie et des Finances

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PIB : Produit Intérieur Brut

Pm : Productivité marginale

PNGT II : Deuxième Programme National de Gestion des Terroirs

NPTCI : Nouveau Programme de Troisième Cycle Inter-universitaire

PTF : Productivité Totale des Facteurs

SN-CITEC : Société Nationale de Compagnie Industrielle de Textile et du Coton

SOCOMA : Société Cotonnière du Gourma

SOFIB : Société Industrielle de Fabrication Savonnerie Huilerie BARRO & CIE

SOFITEX : Société des Fibres et Textiles

TA : Traction Animale

TM : Traction Manuelle

TMST : Taux Marginal de Substitution Technique

UFR/SEG : Unité de Formation et de Recherche en Sciences Economiques et de  
Gestion

UO : Université de Ouagadougou

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Table des matières

---

Remerciements.....	ii
Sigles et abréviations .....	v
Table des matières .....	viii
Liste des tableaux et graphiques .....	xii
Résumé.....	xv
Introduction Générale .....	1
Chapitre I : Fondements théoriques de l'analyse de l'efficacité technique et de la productivité .....	12
I.1 Introduction .....	12
I.2 Technologie et fonction de production.....	13
I.2.1 Définition et propriétés.....	13
I.2.2 Les outils d'analyse de la technologie de production.....	15
I.2.3 La fonction de production, le progrès technique et la productivité globale.....	17
I.3 L'approche de la frontière de production .....	21
I.3.1 Intégration des inefficacités technique et allocative dans la production.....	21
I.3.2 Efficacité technique, progrès technique et productivité totale des facteurs .....	26
I.4 Modèle théorique de la production des exploitations cotonnières .....	30
I.4.1 Critères de choix des formes fonctionnelles.....	30
I.4.2 Les formes fonctionnelles les plus utilisées en production .....	31
I.4.3 Modèle de frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés .....	34
I.5 Conclusion .....	38
Chapitre II : Modélisation économétrique de la production des exploitations cotonnières .....	40
II.1 Introduction .....	40
II.2 Spécification du modèle économétrique de la production des exploitations .....	41
II.2.1 Les modèles à frontières de production paramétriques.....	41
II.2.2 Frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique .....	44
II.2.3 Spécification des variables pertinentes .....	49
a) Les variables dépendantes .....	49

b) Les variables indépendantes .....	50
II.3 Méthode d'estimation des paramètres du modèle économétrique .....	55
II.3.1 Dérivation des inverses des ratios de Mills.....	55
II.3.2 Frontière de production et méthode du maximum de vraisemblance .....	56
II.3.3 Logiciels et procédures d'estimation .....	62
II.4 L'évaluation de la qualité du modèle économétrique .....	62
II.4.1 Tests de spécification du modèle .....	63
II.4.2 Appréciation de la capacité explicative du modèle.....	65
II.4.3 Tests de signification individuels des coefficients.....	67
II.5 Conclusion.....	67
Chapitre III : Méthode de collecte des données et analyse descriptive des exploitations cotonnières .....	69
III.1 Introduction.....	69
III.2 Techniques d'échantillonnage, de collecte et de traitement des données.....	70
III.2.1 La démarche de l'échantillonnage .....	70
a) Le choix de la zone d'étude .....	70
b) Le choix des provinces et des villages d'enquête.....	72
c) Choix de l'échantillon d'exploitations cotonnières .....	76
III.2.2 Méthode de collecte de l'information.....	78
a) L'enquête par questionnaire .....	78
b) Type d'enquête .....	80
c) Dispositif de réalisation de l'enquête .....	81
III.2.3 Le traitement des informations collectées sur les exploitations cotonnières....	82
a) La préparation des données : dépouillement et classification .....	82
b) La saisie et le nettoyage des données .....	83
c) La programmation informatique et l'estimation des indicateurs.....	83
III.3 Les performances des exploitations cotonnières .....	84
III.3.1 Evolution de la production cotonnière.....	84
III.3.2 Le degré de mécanisation des exploitations cotonnières.....	88
III.3.3 Les facteurs de production du coton.....	89
a) Utilisation, disponibilité et qualification de la main-d'œuvre.....	89

b) Le degré d'utilisation des intrants chimiques et organiques .....	94
c) Les prix des facteurs de production .....	97
III.4 Institutions d'appui à la production cotonnière .....	99
III.4.1 Les organisations des producteurs de coton .....	99
III.4.2 Les institutions intervenant dans le développement du coton .....	100
III.4.3 Institutions de régulation de la tenure foncière.....	102
III.5 Conclusion .....	104
Chapitre IV : Analyse du processus de production des exploitations cotonnières....	106
IV.1 Introduction .....	106
IV.2 Analyse économétrique des résultats d'estimation.....	107
IV.2.1 Appréciation de la spécification du modèle .....	107
a) Nature de la frontière de production.....	107
b) Test sur l'endogénéité du choix de la traction animale .....	108
c) Tests sur l'adéquation des formes fonctionnelles.....	109
IV.2.2 Le pouvoir explicatif du modèle.....	110
a) Table de prédiction et indice du ratio de vraisemblance .....	111
b) Tests de signification sur les coefficients.....	112
IV.3 Analyse de la technologie de production.....	117
IV.3.1 Les déterminants de l'adoption de la traction animale.....	117
IV.3.2 Caractérisation de la technologie de production des exploitations .....	118
IV.4 Efficacité technique et productivité globale des facteurs .....	127
IV.4.1 Les niveaux d'efficacité technique .....	127
IV.4.2 Les facteurs explicatifs des niveaux d'efficacité technique .....	131
IV.4.3 Les sources de la productivité globale des facteurs.....	133
IV.5 Conclusion .....	137
Conclusion Générale.....	138
Références Bibliographiques .....	145
Annexes.....	157
Annexe 1 : Niveaux d'efficacité technique des exploitations (%) .....	157
Annexe 2 : Historique de l'échantillon d'exploitations cotonnières .....	160
Annexe 3 : Fiches d'enquêtes .....	161

Annexe 4 : Résultats des estimations du modèle d'adoption de la traction animale sur Eviews.....	168
Annexe 5 : Résultats des estimations de la table de prédiction du modèle d'adoption de la traction animale sur Eviews.....	169
Annexe 6 : Matrice hessienne des fonctions de production des exploitations cotonnières évaluée à la moyenne des variables.....	170
Annexe 7 : Résultats des estimations de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique des exploitations cotonnières à traction animale .....	171
Annexe 8 : Résultats des estimations de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique des exploitations cotonnières à traction manuelle .....	177
Annexe 9 : Technologie et fonction de production .....	182
Annexe 10 : Mesure de l'efficacité économique au sens de Farrell (1957) .....	184
Annexe 11 : Tableau récapitulatif des variables expliquées et explicatives.....	186

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Liste des tableaux et graphiques

---

Tableau III.1 : Subdivision de la production cotonnière au Burkina Faso .....	71
Tableau III.2 : Répartition et importance de la production de coton graine selon les zones cotonnières .....	71
Graphique III.1 : Subdivision de la production cotonnière au Burkina Faso .....	75
Tableau III.3 : Production, superficie et rendement de l'exploitation cotonnière .....	85
Tableau III.4 : Taux de croissance annuel de la production, de la superficie et des rendements .....	85
Tableau III.5 : Prix du kilogramme de coton graine en FCFA .....	86
Tableau III.6 : Production (kg), superficie (ha) et rendement (kg/ha) selon les types de la technologie .....	87
Tableau III.7 : Taux de croissance annuel de la production, de la superficie et des rendements selon la technologie .....	88
Tableau III.8 : Possession de la traction animale par les exploitations cotonnières....	88
Tableau III.9 : Moyen de production, type de matériel et animaux de trait possédé ..	89
Tableau III.10 : Utilisation de la traction animale dans les opérations culturales sur la parcelle .....	89
Tableau III.11 : Quantité de travail selon les opérations culturales de l'exploitation cotonnière (homme-jours).....	90
Tableau III.12 : Quantité de travail selon les types de technologie de l'exploitation cotonnière (homme-jours).....	91
Tableau III.13 : Quantité de travail par hectare selon le type de technologie de l'exploitation cotonnière (homme-jours).....	91
Tableau III.14 : Age et effectif des actifs dans une exploitation cotonnière .....	92
Tableau III.15 : Distribution des actifs par sexe (%).....	92
Tableau III.16 : Niveau d'éducation des actifs (%).....	93
Tableau III.17 : Niveau d'éducation des actifs selon le type de technologie (%) .....	93
Tableau III.18 : Taux d'utilisation des intrants sur les parcelles .....	94
Tableau III.19 : Pourcentage de parcelles ayant subi des dommages d'insectes .....	94
Tableau III.20 : Raisons de la revente des intrants de crédit par les membres des GPC.....	95

Tableau III.21 : Quantité d'intrants chimiques et organiques de l'exploitation cotonnière.....	95
Tableau III.22 : Quantité d'intrants chimiques et organiques selon le type de technologie.....	95
Tableau III.23 : Quantité d'intrants chimiques et organiques par hectare de l'exploitation cotonnière.....	97
Tableau III.24 : Quantité d'intrants chimique et organique par hectare selon le type de technologie.....	97
Tableau III.25 : Evolution des prix des facteurs de production en FCFA.....	99
Tableau III.26 : Caractéristiques des GPC.....	100
Tableau III.27 : Source du crédit agricole.....	101
Tableau III.28 : Nature du crédit agricole.....	101
Tableau III.29 : Montant du crédit agricole (en FCFA).....	102
Tableau III.30 : Usage du crédit agricole.....	102
Tableau III.31 : Caractéristiques des parcelles de l'exploitation cotonnière.....	103
Tableau III.32 : Propriété foncière de la parcelle de coton.....	103
Tableau III.33 : Source d'acquisition de la parcelle de coton.....	103
Tableau III.34 : Droit foncier sur la parcelle de coton (%).....	104
Tableau IV.1 : Présence d'inefficacité technique et nature de la frontière de production.....	108
Tableau IV.2 : Test sur les formes fonctionnelles.....	109
Tableau IV.3 : Table de prédiction de l'adoption de la traction animale (seuil de succès=0,5).....	111
Tableau IV.4 : Indice du ratio de vraisemblance.....	112
Tableau IV.5: Tests d'hypothèse sur les paramètres des modèles.....	113
Tableau IV.6: Résultats de l'adoption de la traction animale.....	114
Tableau IV.7 : Estimation des paramètres de la frontière de production.....	115
Tableau IV.8 : Estimation des paramètres des effets d'inefficacité technique.....	116
Tableau IV.9 : Effets marginaux de l'adoption de la traction animale.....	118
Tableau IV.10 : Les effets marginaux des facteurs de production à la moyenne arithmétique des inputs.....	121
Tableau IV.11 : Efficacité allocative.....	124

Tableau IV.12 : Elasticités de production et rendements d'échelle à la moyenne des inputs.....	125
Tableau IV.13 : Taux marginaux de substitution technique à la moyenne des inputs.....	127
Tableau IV.14 : Niveaux d'efficacité technique selon le type d'exploitation cotonnière (%).....	129
Graphique IV.1 : Evolution des niveaux d'efficacité technique .....	129
Tableau IV.15 : Distribution cumulée des exploitations selon les niveaux d'efficacité technique (%).....	130
Tableau IV.16 : Effets marginaux des niveaux d'efficacité technique (%).....	132
Tableau IV.17 : Décomposition de la croissance de la productivité totale des facteurs (en %).....	136

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Résumé

---

*La thèse traite de l'effet de l'efficacité technique sur la productivité globale des facteurs de production dans les exploitations cotonnières burkinabè en utilisant un modèle à frontière stochastique de production. Les résultats de l'étude montrent que les exploitations cotonnières ont enregistré une perte continue du niveau de productivité globale des facteurs sur la période de 2001 à 2004. Le taux de décroissance moyen de la productivité globale des facteurs a été de 0,5% dans les exploitations à traction animale et de 1,05% au niveau des exploitations à traction manuelle. Cette perte de productivité globale des facteurs de production est attribuée à la perte d'efficacité technique, à la faiblesse du taux de progrès technique, à l'inadéquation des politiques de prix et à l'inefficacité d'échelle.*

*Les résultats de l'étude montrent que les exploitations cotonnières sont techniquement efficaces à environ 60%. Ce qui signifie que sans ressources productives supplémentaires, les exploitations cotonnières pourraient considérablement augmenter leurs niveaux de production. L'âge des actifs (effet négatif), le nombre des actifs (effet positif), le volume du crédit agricole (effet positif) et le nombre de parcelles emblavées (effet négatif) ont été identifiés comme étant les caractéristiques socioéconomiques et institutionnelles explicatives des niveaux d'efficacité technique. Sur la période d'étude, les exploitations cotonnières ont enregistré une perte d'efficacité technique dans l'utilisation des facteurs. Cette perte d'efficacité technique a été la principale source de décroissance de la productivité globale des facteurs (102% à 112%).*

*Les résultats de l'étude ont mis en évidence un très faible taux de progrès technique dans les exploitations cotonnières (0,04% à 0,07%). Les progrès mécaniques, agronomiques et biotechniques sont donc de potentiels sources de croissance de la productivité globale des facteurs. La contribution du progrès technique à la croissance de la productivité globale des facteurs sur la période d'étude varie entre 6% et 8%.*

*L'inadéquation des politiques de prix avec les recommandations agronomiques explique les faibles rendements des exploitations cotonnières. Il est techniquement possible d'accroître la production cotonnière en augmentant les quantités des intrants ; toutefois, aux niveaux actuels des prix, les exploitations cotonnières n'ont aucun intérêt monétaire à augmenter leurs utilisations. Le gain monétaire additionnel lié à l'utilisation d'une unité supplémentaire de la plupart des intrants est inférieur à leurs prix d'achat. C'est ce qui justifie le non respect des recommandations techniques et les détournements des intrants acquis à crédit vers d'autres cultures plus rentables ou vers le marché.*

*Cette situation renforce l'inefficacité allocative et éloigne davantage les exploitations cotonnières de l'échelle de production efficace. Les exploitations cotonnières produisent à rendements d'échelle décroissant, ce qui signifie que les coûts moyens augmentent avec la taille. Les paquets technologiques utilisés actuellement par les producteurs de coton ne sont donc pas favorables à l'émergence d'exploitations cotonnières modernes, compétitives, et de grandes tailles à long terme. L'effet total moyen de la politique de prix sur la croissance de la productivité globale varie entre -6% et 5,7%.*

**Mots-clés :** *Efficacité technique, efficacité allocative, efficacité d'échelle, progrès technique, productivité globale des facteurs.*

## Introduction Générale

---

### *Problématique et justification de la recherche sur le coton*

La production cotonnière africaine, en particulier burkinabè, qui est potentiellement très compétitive et l'une des meilleures qualités est aujourd'hui menacée par les subventions des Etats les plus riches de la planète. Le rapport 2001 du Comité Consultatif International du Coton indique que les coûts moyens de production des pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre sont inférieurs à ceux des Etats-Unis et de l'Union Européenne pour un coton de meilleure qualité (récolte manuelle) et répondant aux normes internationales. Les coûts moyens de production du coton aux Etats-Unis dépassaient d'environ 50% ceux des pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre.

La qualité de la fibre de coton burkinabè a été reconnue en 1998 par le Comité Consultatif International du Coton (CCIC) comme l'une des meilleures au monde et confirmée en 1999 par le rapport de la Fédération Internationale des Industries textiles (ITMF). Cependant, les prix de vente du coton n'ont cessé de baisser depuis trois décennies. L'Afrique a vu les prix qu'elle pouvait espérer de ses ventes sur le marché mondial divisés par trois en l'espace de trente ans.

En 2000, le prix de vente du coton a connu une chute de 35% en moins d'un an (DAGRIS, 2002). La chute des cours mondiaux du coton a pour origine l'augmentation de la production dans un contexte de baisse de la consommation de coton fibre du fait de la forte concurrence des fibres synthétiques, la dépréciation du taux de change du dollar par rapport à l'euro et les subventions accordées aux producteurs des pays industrialisés (Goreux et Macrae, 2003). Le problème découle principalement des subventions pratiquées aux Etats-Unis, en Europe et en Chine au profit de leurs producteurs.

Aux Etats-Unis comme en Europe, la subvention par kilogramme de coton est désormais supérieure au prix de vente du kilogramme de coton sur le marché. En 2001, pour un cours de l'ordre de 0,95 €/kg, la subvention au producteur américain était de 1,21 €/kg et celle de l'Union Européenne de 1,49 €/kg. A la même période, 73% de la production mondiale bénéficiait de subventions directes à la production contre 50% en 1998 (DAGRIS, 2002). Le maintien d'une telle situation empêche tout ajustement de la production et toute revalorisation réelle des prix du coton.

Malgré cet environnement peu favorable, les producteurs africains sont parvenus à écouler leurs cotons sur le marché mondial. L'hypothèse probable d'une baisse des cours du coton laisse penser que l'Afrique et le Burkina Faso en particulier risque d'être écarté de la production et du marché mondial au profit de pays développés plus compétitifs du fait des fortes subventions. La baisse continue des cours du coton depuis la campagne cotonnière 2004/2005 soulève des inquiétudes sur la pérennité de la culture en Afrique.

La filière coton reste cependant le pivot de l'économie burkinabè, faute d'une montée en puissance des autres secteurs d'activités économiques. Le coton est le principal produit d'exportation du Burkina Faso et constitue un des piliers de la stratégie nationale de croissance économique et de réduction de la pauvreté (MEF/BM, 2001). Le coton représente environ 60% des recettes d'exportations<sup>1</sup>, 55% des recettes en devises et contribue avec ses externalités à environ 30% du PIB. Autour de la filière coton s'est développée une importante gamme d'industries agroalimentaires et textiles qui constitue l'essentiel du tissu industriel national (SOFITEX, SBHS, SOFIB, SN-CITEC, JOSSIRA, SOCOMA, Faso Coton, FILSAH).

L'économie burkinabè a enregistré en 2001 une croissance de 5,7% grâce notamment à une "bonne performance" de la production et de la commercialisation du coton. La production de coton graine a connu à la même période une hausse de

---

<sup>1</sup> Seulement 3% du coton burkinabè est transformé sur le territoire national par FILSHA

45% pour atteindre plus de 400.000 tonnes, faisant du pays le deuxième producteur en Afrique Subsaharienne derrière le Mali. Depuis la saison agricole 2004-2005, le Burkina Faso est en tête des pays producteurs de coton en Afrique Subsaharienne. Le coton fait vivre plus de deux millions de personnes, soit près de 20% de la population burkinabè (MAHRH, 2006). L'essentiel de la production cotonnière est attribuable aux paysans qui constituent la couche sociale considérée comme la plus touchée par la pauvreté (INSD, 1998).

Le coton constitue la première source de revenus agricoles (65%) d'environ 325 000 ménages ruraux (INSD, 2006). L'expansion de la culture du coton au Burkina Faso a eu un effet d'entraînement sur l'ensemble des activités dans les bassins cotonniers. Elle a permis d'améliorer les infrastructures sanitaires, scolaires et routières dans certaines localités rurales des zones cotonnières. Il en est de même pour l'organisation sociale par la constitution d'associations villageoises dynamiques progressives nées autour de la culture du coton et qui sont maintenant des partenaires et interlocuteurs déterminants du développement à la base.

Le coton constitue aujourd'hui la culture locomotrice par laquelle s'effectue la modernisation de l'ensemble des systèmes de production agricole des zones cotonnières. C'est par le biais de la culture du coton que les autres spéculations, en particulier les cultures vivrières ont pu bénéficier des engrais, des techniques améliorées de production et du savoir faire. Une étude de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) au Burkina Faso a montré que la rotation coton/maïs était plus rémunératrice et conduisait à un meilleur régime alimentaire. Selon cette étude, l'expansion de la culture du coton a été à l'origine de l'amélioration de la santé des foyers observés en zone cotonnière.

L'enjeu est fondamental pour le Burkina Faso car le déclin de la filière coton risque de déstabiliser l'équilibre extérieur déjà structurellement déficitaire, compromettre la croissance économique nationale et les politiques de réduction de la pauvreté.

Malgré les menaces du marché mondial et la chute des prix aux producteurs, la filière coton demeure un espoir pour le développement du pays.

Dans ce contexte, à défaut d'obtenir des pays riches, la suppression de leurs subventions aux producteurs, la recherche de gains de productivité peut constituer une réponse de moyen terme à la perte de compétitivité dans la production cotonnière. Des expériences historiques montrent que les progrès de productivité dans l'agriculture constituent un puissant levier de développement. Ce fut le cas dans les années 1950 et 1960 avec la «révolution verte» en Asie et plus récemment en Chine avec les réformes économiques à la fin des années 1970.

La productivité agricole s'est accrue d'environ 2% entre 1985 et 1995 au Burkina Faso (MEF/BM, 2001). Cette performance est nettement en dessous de celle enregistrée au Mali, au Rwanda et au Burundi (Thirtle et al., 1995). Ces résultats indiquent que des gains de productivité agricole importants sont encore possibles dans le pays. Cela est d'autant plus utile que chaque point de gagné en croissance de la productivité globale des facteurs représente aussi un point de gagné en croissance à long terme.

La croissance à long terme de la production cotonnière dépend d'une part, des dotations factorielles, et d'autre part, de l'évolution de la productivité globale des facteurs. L'abondance des ressources donne lieu à une croissance extensive qui est bien vite contrainte par les dotations en ressources productives. Par contre, l'amélioration continue de la productivité totale des facteurs permet une croissance intensive et durable, qui ne connaît de limite que celle de la connaissance, du savoir faire, de la technologie et des incitations. C'est donc la modalité de croissance soutenable par excellence à long terme.

L'augmentation de la productivité globale des facteurs est considérée comme la principale source de croissance de la production globale (Solow, 1957 ; Huffman, 1993) et de la production agricole (Hayami et Ruttan, 1985). Théoriquement, la croissance de la productivité totale des facteurs de production découle de

l'amélioration de l'efficacité technique et allocative, du progrès technique et des changements des rendements d'échelle (Kumbhakar et Lovell, 2000 ; Fan, 1991 ; Capalbo, 1988).

Dans la littérature économique, la plupart des études ont été menées sur l'efficacité technique et ses déterminants. Une unité de production est techniquement efficace s'il n'existe aucune autre capable de produire de meilleurs résultats avec les mêmes ressources. Sur cette base, le niveau d'efficacité technique de chaque unité de production est mesuré en la comparant à l'unité de production la plus techniquement efficace.

Les travaux de Kalirajan (1990) montrent qu'aux Philippines, les fermes de riz sont techniquement inefficaces avec des niveaux d'efficacité technique variant entre 60% et 95%. Le niveau d'éducation des fermiers, la maîtrise des technologies de production, la tenure foncière et les revenus non agricoles ont été identifiés comme facteurs explicatifs des niveaux d'inefficacité technique.

En Inde, Battese et Coelli (1992, 1995) constatent de fortes variations des niveaux d'efficacité technique entre les fermes de riz. Les niveaux d'efficacité technique varient d'une part de 54,9% à 86,2% entre 1975 et 1976 et, d'autre part de 83,9% à 95,7% entre 1984 et 1985. L'âge et le niveau d'éducation du responsable de la ferme ont été identifiés comme les facteurs explicatifs des niveaux d'inefficacité technique.

Au Paraguay, les travaux de Bravo-Ureta et Evenson (1994) mettent en évidence des inefficacités techniques dans les exploitations cotonnières. Leurs résultats montrent que le niveau d'efficacité technique des exploitations cotonnières est de 58,24%. Le niveau d'éducation et le crédit agricole expliquent significativement cette inefficacité technique.

Des résultats quasiment similaires ont été trouvés par Combarry (2003) pour les exploitations cotonnières burkinabè. L'efficacité technique moyenne des

exploitations cotonnières à traction animale s'est révélée faible (32,18%) et inférieure à celle des exploitations cotonnières à traction manuelle (58,85%). Le crédit agricole et l'âge du chef d'exploitation expliquent significativement ces inefficacités techniques. Toutefois, Battese et Sarfraz (1998) trouvent des niveaux d'efficacité technique très élevés (93%) dans les exploitations cotonnières du Pakistan.

Les recherches sur les exploitations céréalières traditionnelles mettent également en évidence des inefficacités techniques. En Ethiopie, Seyoum et al. (1996) montrent que les producteurs de maïs ayant bénéficié de l'encadrement technique du projet Sasakawa-Global 2000 enregistrent des niveaux d'efficacité technique (93,7%) significativement supérieurs à ceux des producteurs de maïs hors projet (79,4%). Un résultat similaire a été trouvé par Ajibefun et al. (1996) dans les petites exploitations céréalières (82%) du Nigeria. Leurs résultats montrent que l'âge du chef d'exploitation, l'expérience et la taille de l'exploitation expliquent ce niveau d'efficacité technique. Audibert (1997) trouve au Mali que l'environnement social et écologique explique significativement les niveaux d'efficacité technique (52%) des exploitations de mil et de sorgho.

Amara et al. (1999) mettent également en évidence une relation entre le niveau d'efficacité technique et l'adoption de technologie conservatrice de l'environnement sur des fermes de pomme de terre au Québec. Leurs résultats montrent qu'en moyenne, les producteurs de pommes de terre du Québec sont efficaces à 80%. L'expérience agricole et l'adoption de technologies conservatrices de l'environnement se sont avérées être des variables significatives pour expliquer les différences de niveaux d'efficacité technique des fermes.

Cependant, les études sur la contribution de l'efficacité technique à la croissance de la productivité globale des facteurs dans le secteur agricole sont assez rares. Thirtle et al. (1995) ont mené une étude sur l'agriculture de 22 pays d'Afrique Subsaharienne sur la période de 1971 à 1986. Leurs résultats montrent que ces

pays ont enregistré un taux de croissance de la productivité globale des facteurs d'environ 0,84%. Ce niveau de la productivité globale des facteurs s'explique par l'effet combiné d'une perte d'efficacité technique (0,5%) et d'un faible gain en progrès technique (1,35%). Ils trouvent que l'essentiel de la croissance de la productivité agricole (1,57%) au Burkina Faso vient de l'efficacité technique (1,1%), le taux de progrès technique n'étant que de 0,46%.

Une étude similaire a été faite par Coelli et Rao (2003) sur la production agricole de 93 pays de 1980 à 2000. Les résultats montrent que le taux de croissance moyen de la productivité globale des facteurs a été de 2,1% avec une contribution de l'efficacité technique de 0,9% et du progrès technique de 1,2%. Dans les pays développés (Amérique, Europe et Australie), l'efficacité technique n'a pratiquement pas contribué à la croissance de la productivité agricole, pourtant en Asie et en Afrique, l'efficacité technique contribue au moins de moitié à la croissance de la productivité. Ces résultats semblent indiquer que les gains d'efficacité technique constituent la principale source de croissance de la productivité globale des facteurs dans les pays en développement.

La majorité des études sur la contribution de l'efficacité technique à la croissance de la productivité globale utilise l'approche non paramétrique DEA<sup>2</sup> (Thirtle et al. 1995 ; Coelli et Rao, 2003 ; Färe et al., 1994). L'approche DEA de la frontière de production a été proposée pour la première fois par Charnes et al. (1978). Bien qu'elle ait l'avantage de n'imposer aucune forme fonctionnelle particulière, ni une distribution à un terme d'erreur, certaines critiques ont été formulées à son égard. La principale critique est qu'elle ne prend pas en compte les chocs aléatoires, de ce fait, tout écart de la frontière de production est attribué à l'inefficacité technique.

La frontière de production estimée à l'aide de la méthode DEA est très sensible aux données extrêmes. De même, elle n'a aucune propriété statistique permettant de faire des tests d'hypothèse sur la validité des résultats obtenus (Amara et Romain,

---

<sup>2</sup> Data Envelopment Analysis

2000 ; Seiford, 1990). Cette approche permet de décomposer la productivité globale des facteurs construite à partir d'un indice de Malmquist seulement en efficacité technique et en progrès technique.

L'approche paramétrique de la frontière de production permet une décomposition beaucoup plus riche en terme d'analyse des sources de la productivité globale (Lachaal, 1998 ; Tzouvelekas et al., 1999; Sharma, 2003 ; Kumbhakar et Lovel, 2000). Elle permet de mettre en évidence le rôle de l'efficacité technique, du progrès technique, de l'efficacité allocative et de l'efficacité d'échelle dans les gains de productivité globale des facteurs. La présente étude porte sur un panel d'exploitations cotonnières observées sur les campagnes agricoles de 2001 à 2004 au Burkina Faso dans le cadre du projet JIRCAS/UO.

Les données de panel permettent d'étudier certaines questions impossibles à traiter en coupe transversale ou en séries temporelles. Le problème de l'impossibilité de séparer les rendements d'échelle et le progrès technique dans l'analyse des fonctions de production est longtemps resté sans solution. Les rendements d'échelle sont souvent supposés constants pour mettre en évidence le progrès technique (Solow, 1957). Dans cette étude, les données panels permettent d'estimer simultanément le taux de progrès technique (dans le temps) et les rendements d'échelle (en coupe transversale).

L'étude applique une forme flexible translogarithmique à une fonction de production avec effets d'inefficacité technique incorporés. Le modèle permet d'estimer les niveaux d'efficacité technique des exploitations cotonnières et leurs déterminants. Ces résultats permettent de comparer chaque exploitation cotonnière non seulement par rapport à ses propres performances passées, mais aussi par rapport aux meilleures pratiques dans l'usage de la technologie. Les niveaux d'efficacité technique et les élasticités de la production sont ensuite utilisés pour décomposer la croissance de la productivité totale des facteurs selon ses

composantes gain d'efficacité technique, progrès technique, efficacité allocative et changement des rendements d'échelle.

Exceptée l'étude de Combarry (2003) sur l'efficacité technique des exploitations cotonnières, les recherches sur le coton burkinabè ont porté sur l'offre (Savadogo et al., 1995 ; Townsend, 1999 ; Zahonogo, 1996 ; Konaté, 1990), la mécanisation (SOFITEX, 1981-1989 ; Zerbo, 1991 ; Tersiguel, 1992, 1995 ; Campagne et Raymond, 1994 ; Faure, 1994), les caractéristiques socioéconomiques, démographiques et institutionnelles de la production (Schwartz, 1991, 1994, 1995 ; Traoré, 1996 ; Songué, 1993), les systèmes de production (Belem, 1985) et la productivité (Savadogo et al., 1998).

L'étude sur la productivité de Savadogo et al. (1998) couvre plusieurs spéculations agricoles et ne met pas suffisamment en exergue l'importance du lien entre l'efficacité technique et la productivité globale dans la production cotonnière. Il s'agira dans la présente étude, de tenter de répondre aux questions suivantes :

Les exploitations cotonnières burkinabè utilisent-elles efficacement leurs facteurs de production? En particulier, quel est le niveau d'efficacité technique de l'utilisation des facteurs de production dans les exploitations cotonnières? Quels sont les facteurs explicatifs des niveaux d'efficacité technique des exploitations cotonnières? Quelle est la contribution relative de l'efficacité technique à la croissance de la productivité globale des facteurs dans les exploitations cotonnières?

### ***Les objectifs de recherche***

L'objectif principal de la présente étude est d'analyser la capacité des exploitations cotonnières à utiliser efficacement leurs ressources productives. Pour atteindre cet objectif, il s'agira de manière spécifique de :

(i) Caractériser les conditions socioéconomiques, institutionnelles et les technologies de production des exploitations cotonnières ;

- (ii) Estimer les niveaux d'efficacité technique et identifier les facteurs socioéconomiques et institutionnels susceptibles de les expliquer ;
- (iii) Evaluer la contribution relative de l'efficacité technique à la croissance de la productivité globale des facteurs ;
- (iv) Faire des recommandations économiques aux producteurs de coton, aux sociétés cotonnières et aux décideurs publics pour développer la production cotonnière.

### ***Les hypothèses de recherche***

La productivité globale des facteurs d'une exploitation cotonnière est fonction de l'efficacité de l'usage des facteurs de production, des rendements d'échelle et du progrès technique. En se référant à la théorie économique du producteur, aux résultats d'études antérieures sur les exploitations agricoles et aux questions de recherche de la présente étude, nous pouvons élaborer quelques hypothèses utiles pour appréhender l'efficacité technique et la productivité globale des exploitations cotonnières :

- (i) Les exploitations cotonnières burkinabè sont techniquement inefficaces ;
- (ii) Les caractéristiques socioéconomiques et institutionnelles de l'environnement productif expliquent les niveaux d'inefficacité technique des exploitations cotonnières ;
- (iii) L'efficacité technique est la principale source de croissance de la productivité globale des facteurs dans les exploitations cotonnières.

### ***Le plan de la thèse***

Le reste de la thèse est traitée en quatre chapitres, agencés de manière à passer progressivement des aspects théoriques à la vérification empirique des hypothèses et aux résultats de recherche. Le chapitre I expose les fondements théoriques de l'analyse de l'efficacité technique et de la productivité. Il met en évidence les

limites de l'approche de la fonction de production en terme d'analyse de l'efficacité technique et de la productivité. Il propose ensuite de résoudre les problèmes identifiés en utilisant une approche de la frontière de production.

Le chapitre II propose un modèle économétrique qui tient compte des deux types de technologies utilisées en zone cotonnière. Ensuite, il propose des méthodes appropriées pour estimer les paramètres, tester la spécification du modèle et apprécier le pouvoir explicatif du modèle. Le chapitre III expose les techniques d'échantillonnage, de collecte et de traitement des données. Il fait également une analyse descriptive des caractéristiques socioéconomiques et institutionnelles de l'environnement productif des exploitations cotonnières. Le chapitre IV présente les résultats des estimations économétriques, des tests de spécification et de signification des paramètres du modèle. Ensuite, les résultats des analyses de la technologie de production, de l'efficacité technique et de la productivité globale des facteurs des exploitations cotonnières sont présentés.

# Chapitre I : Fondements théoriques de l'analyse de l'efficacité technique et de la productivité

---

## I.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de développer un cadre d'analyse théorique du producteur mettant en évidence la relation entre la productivité totale des facteurs et l'efficacité technique. Dans la théorie économique, le producteur peut être analysé à partir de trois approches alternatives : (i) la fonction de production<sup>3</sup>, (ii) la fonction de profit, (iii) ou la fonction de coût. Dans cette étude, nous avons adopté l'approche de la fonction de production pour analyser l'efficacité technique et la productivité des exploitations cotonnières pour plusieurs raisons :

- (i) Cette procédure permet de répondre aisément à l'un des objectifs spécifiques de cette étude, à savoir la caractérisation de la technologie de production des exploitations cotonnières. Compte tenu de la complexité des formes fonctionnelles des fonctions de profit et de coût, la forme explicite de la technologie de production n'est pas toujours identifiable (Coelli et al., 2000) ;
- (ii) Au plan empirique, la fonction de production est la plus utilisée dans la littérature économique des travaux sur l'efficacité technique et la productivité ;
- (iii) Au plan théorique, bien que la spécification directe de la fonction de production ne soit pas fondée sur le postulat universel de la maximisation du profit, des restrictions théoriques permettent d'imposer ou de vérifier les implications de la maximisation du profit à la fonction de production.

Ce chapitre présente d'abord la fonction de production, ses propriétés et ses développements pour l'analyse de la productivité totale des facteurs (I.2). Ensuite, il propose une approche de la fonction de production dans un environnement

---

<sup>3</sup> Dans le cas d'une production multioutputs, la fonction de distance est utilisée à la place de la fonction de production pour représenter la technologie du producteur.

d'imperfection des marchés et les implications sur l'analyse de la productivité (I.3). Enfin, le modèle théorique des exploitations cotonnières est présenté (I.4).

## **I.2 Technologie et fonction de production**

Le comportement d'une unité de production peut être étudié sur la base de considérations d'ordre technique. La fonction de production est le plus souvent utilisée pour représenter la technologie de production. Elle est construite sur la base d'hypothèses économiques résultant des implications du postulat de la maximisation du profit.

### **I.2.1 Définition et propriétés**

La façon la plus simple et la plus courante de décrire la technologie utilisée par une unité de production est la fonction de production. Le concept de fonction de production a été inventé en 1894 par l'économiste britannique Philip Wicksteed et a connu un véritable développement dans les analyses néoclassiques. Il s'agit d'une modélisation économique du comportement d'un agent économique en tant que producteur. Suivant le cadre néoclassique, on considère comme producteur, un agent qui transforme des intrants (inputs) en produits sortants (outputs) selon une fonction de production dans un environnement de concurrence parfaite. La fonction de production décrit donc une relation technologique entre les inputs et l'output dans le processus de production.

Supposons qu'une unité de production utilise un vecteur non négatif d'inputs  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  pour produire un seul output  $y$ . La fonction de production est la relation technologique entre l'output maximum compatible avec la technologie disponible et le vecteur des inputs. Cela signifie que les unités de production opèrent sur leurs frontières de production ; de ce fait, toute possibilité d'inefficacité technique est exclue. La fonction de production est définie explicitement par :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

où  $f(.)$  est la relation fonctionnelle de la technologie de production.

Shephard (1970)<sup>4</sup> a montré que la fonction de production d'une unité peut être dérivée directement sur la base d'un ensemble d'hypothèses sur la technologie de production. Pour représenter adéquatement la technologie de production, la fonction de production doit être deux fois continue et différentiable. Elle doit aussi vérifier les propriétés suivantes :

(i) La monotonicité

L'axiome de monotonicité suppose que la technologie de production est monotone croissante. Si la quantité d'au moins un des inputs augmente, il devrait être possible de produire au moins la quantité d'output initiale. Soient  $x^1$  et  $x^2$  deux vecteurs d'inputs de l'ensemble des inputs nécessaires, si  $x^1 \geq x^2$ , alors  $f(x^1) \geq f(x^2)$ .

(ii) La convexité

L'axiome de convexité suppose un ensemble des inputs nécessaires qui est convexe, ce qui implique une fonction de production quasi-concave. S'il est possible de produire  $y$  unités d'output avec deux vecteurs d'inputs différents, leur moyenne pondérée devrait permettre de produire au moins  $y$  unités d'output. Une fonction de production est quasi-concave lorsque sa matrice hessienne ( $D^2 f(x)$ ) est sémi-définie négative :

$$D^2 f(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2}(x) & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2}(x) & \dots & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n}(x) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1}(x) & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2}(x) & \dots & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n}(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1}(x) & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2}(x) & \dots & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2}(x) \end{bmatrix}$$

<sup>4</sup> Cité par Kumbhakar et Lovell (2000)

La technologie de production d'une unité qui maximise son profit en concurrence parfaite doit nécessairement vérifier ces propriétés. Ces deux restrictions théoriques sont donc fortement liées à la rationalité dans le comportement des unités de production. Ces deux propriétés garantissent la loi des rendements marginaux décroissants, mais positifs pour chaque facteur à partir d'un certain seuil (annexe 9). La convexité de l'ensemble des inputs nécessaires garantit la substitution technique entre les facteurs de production (annexe 10). Sous la contrainte de ces hypothèses, la fonction de production qui y est dérivée possède les mêmes propriétés que celle qui résulterait de la maximisation du profit ou de la minimisation des coûts. Une telle fonction de production peut alors être utilisée de façon satisfaisante pour décrire la technologie d'une unité de production.

### 1.2.2 Les outils d'analyse de la technologie de production

L'analyse de la technologie de production peut prendre une dimension spatiale et temporelle. La technologie de production d'une unité de production peut être caractérisée par l'élasticité de la production, les rendements d'échelle et le taux marginal de substitution technique.

(i) L'élasticité de la production ( $\varepsilon_j^p(x)$ )

L'élasticité de la production d'un facteur mesure la variation proportionnelle de la production induite par une variation de 1% de la quantité de ce facteur, toutes choses égales par ailleurs. Cet indicateur a été proposé pour la première fois par Cassels.

$$\varepsilon_j^p(x) = \frac{x_j}{f(x)} \frac{\partial f}{\partial x_j}(x), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

où  $\frac{\partial f}{\partial x_j}(x) = Pm_j(x)$  est la productivité marginale du facteur  $x_j$ .

La productivité marginale d'un facteur ( $Pm_j$ ) est l'accroissement de la production totale dû à la dernière unité de ce facteur mise en œuvre, toutes choses égales par

ailleurs. Théoriquement, lorsqu'on accroît infiniment l'utilisation d'un facteur de production variable, la quantité des autres facteurs étant fixe, on finit par atteindre un point au-delà duquel le produit marginal décroît.

(ii) Les rendements d'échelle ( $\varepsilon^p(x)$ )

Le concept de rendement d'échelle permet de caractériser l'accroissement relatif de la production totale obtenue par une unité de production si elle décide d'augmenter tous ses inputs dans des proportions strictement identiques. On parle de rendements d'échelle croissants lorsque, pour une hausse de  $k\%$  de chacun de ses facteurs de production, l'unité de production parvient à augmenter son volume de production de plus de  $k\%$ . Dans ces conditions, le coût moyen diminue au fur et à mesure que l'unité de production augmente son échelle de production. Lorsque les rendements d'échelle sont croissants, il est plus efficace d'avoir des unités de production de grandes tailles. Par contre, on parle de rendements d'échelle décroissants si un accroissement de  $k\%$  de tous les facteurs de production conduit à une hausse de la production totale inférieure à  $k\%$ . Le coût moyen augmente au fur et à mesure que l'unité de production augmente son échelle de production. Ainsi, une taille élevée devient un handicap; les unités de production auront tendance à être de petites tailles. Dans le cas où un accroissement de  $k\%$  de tous les facteurs de production conduit à une hausse proportionnelle de la production, on parle de rendements d'échelle constants. Dans ces conditions, une unité de production est efficace quelle que soit sa taille. Les rendements d'échelle sont souvent estimés par la somme des élasticités de la production de tous les facteurs.

$$\varepsilon^p(x) = \sum_{j=1}^n \varepsilon_j^p(x_j), \quad (3)$$

Si  $\varepsilon^p(x) = 1$ , les rendements d'échelle sont constants

Si  $\varepsilon^p(x) < 1$ , les rendements d'échelle sont décroissants

Si  $\varepsilon^p(x) > 1$ , les rendements d'échelle sont croissants

(iii) Le taux marginal de substitution technique ( $TMST(x_j, x_k)$ )

Une des caractéristiques majeures de la production est le taux auquel les différentes combinaisons de facteurs variables peuvent donner le même niveau de production. Le taux marginal de substitution technique entre deux facteurs mesure l'ajustement de la quantité d'un input nécessaire pour maintenir le niveau d'output constant lorsque la quantité d'un autre input varie.

$$TMST(x_j, x_k) = -\frac{\partial f}{\partial x_j}(x) / \frac{\partial f}{\partial x_k}(x) \quad j, k = 1, \dots, n, \quad (4)$$

Le signe négatif indique que pour maintenir la quantité produite, une diminution d'un facteur de production doit être compensée par une hausse d'un autre facteur de production. Lorsqu'on renonce à une unité du facteur  $x_j$ , il faut en valeur absolue la valeur du taux marginal de substitution technique unité du facteur  $x_k$  pour garder le même niveau de production. Plus le taux marginal de substitution technique est élevé (en valeur absolue), plus il faut de quantité du facteur  $x_k$  pour remplacer une unité du facteur  $x_j$ .

### 1.2.3 La fonction de production, le progrès technique et la productivité globale

La fonction de production peut se déplacer dans le temps avec le progrès technique, donc créer une augmentation de la productivité globale des facteurs. Le progrès technique désigne une augmentation de la capacité des hommes, à maîtriser la nature sous la forme d'une plus grande productivité ou de nouveaux produits (Guellec et Ralle, 1996). La fonction de production peut être développée pour intégrer dans l'analyse le progrès technique et la productivité totale des facteurs. Considérons la fonction de production  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$ , (5)

où  $t$  représente le temps, utilisé comme proxy du progrès technique.

Le temps apparaît comme un argument explicite de la fonction de production ; cela signifie que les facteurs de production ne suffisent pas pour expliquer entièrement

le niveau de la production (Solow, 1956)<sup>5</sup>. Le progrès technique est matérialisé par le déplacement de la fonction de production dans le temps. Il peut être appréhendé par le taux de progrès technique.

Le taux de progrès technique ( $\tau$ ) est conventionnellement défini comme la dérivée partielle du logarithme de la fonction de production par rapport au temps.

$$\tau = \partial \ln f(x, t) / \partial t \quad (6)$$

Si  $\tau = 0$ , la fonction de production est inchangée (absence de progrès technique)

Si  $\tau < 0$ , la fonction de production se déplace vers le bas (régression technique)

Si  $\tau > 0$ , la fonction de production se déplace vers le haut (progrès technique)

Le taux de progrès technique peut être décomposé en une composante exogène et en une composante endogène. Le progrès technique exogène est issu des facteurs exogènes à l'unité de production (innovations techniques, élaboration de nouveaux produits, ouverture des marchés). Le progrès technique endogène résulte de facteurs internes à l'unité de production (apprentissage par la pratique, capital humain, organisation scientifique du travail).

La productivité globale d'une unité de production est le ratio entre les quantités produites et les facteurs de production. La productivité totale des facteurs (*PTF*) est définie comme le rapport entre un indice d'outputs agrégés ( $y$ ) et un indice d'inputs agrégés ( $x$ ).

$$PTF = \frac{y}{x} \quad (7)$$

Les unités de production s'intéressent principalement au taux de croissance de la productivité totale des facteurs et ses sources. Le taux de croissance de la productivité totale des facteurs dans le temps est défini comme suit :

---

<sup>5</sup> Cité par Guellec et Ralle (1996)

$$PTF = \frac{d(y/x)/(y/x)}{dt}, \quad (8)$$

La différenciation conduit à  $PTF = \frac{dy/y}{dt} - \frac{dx/x}{dt}$  c'est-à-dire

$$PTF = \dot{y} - \dot{x}$$

$$\dot{y} = \frac{dy/y}{dt} \text{ est le taux de croissance de la production,} \quad (9)$$

$$\dot{x} = \frac{dx/x}{dt} \text{ est le taux de croissance d'un indice d'inputs agrégés,} \quad (10)$$

La différenciation du logarithme de  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, t)$  par rapport au temps donne,

$$\frac{d \ln y}{dt} = \sum_j \frac{\partial \ln f(x, t)}{\partial x_j} \frac{dx_j}{dt} + \frac{\partial \ln f(x, t)}{\partial t} \quad \text{c'est-à-dire}$$

$$\dot{y} = \sum_j \varepsilon_j^p(x_j, t) \dot{x}_j + \tau$$

Le taux de croissance de la productivité totale des facteurs devient,

$$PTF = \sum_j \varepsilon_j^p(x_j, t) \dot{x}_j + \tau - \dot{x}$$

La technologie de production représentée par la fonction de production suppose que les unités de production sont économiquement efficaces, c'est-à-dire que les unités de production sont techniquement et allocativement efficaces, et ont la taille optimale.

L'efficacité de l'allocation des facteurs de production est la condition de maximisation du profit dans une unité de production. Cela implique que la productivité marginale en valeur de chaque facteur de production est égale au prix de ce facteur de production, c'est-à-dire

$$p \frac{\partial f}{\partial x_j} = \omega_j \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

Autrement dit, l'expression peut se réécrire comme suit :  $\frac{\partial f}{\partial x_j} = \frac{\omega_j}{p} \quad j = 1, 2, \dots, n.$

En utilisant l'indice synthétique de Divisia,  $\dot{x} = \sum_j \frac{\omega_j x_j}{pf(x,t)} \dot{x}_j$  comme indice des

inputs agrégés, nous avons  $\dot{x} = \sum_j \frac{x_j}{f(x,t)} \frac{\omega_j}{p} \dot{x}_j$ , c'est-à-dire

$$\dot{x} = \sum_j \frac{x_j}{f(x,t)} \frac{\partial f}{\partial x_j}(x,t) \dot{x}_j \quad \text{d'où} \quad \dot{x} = \sum_j \varepsilon_j^p(x_j, t) \dot{x}_j.$$

En définitive,  $\dot{PTF} = \tau$ . (12)

Ce résultat implique que lorsqu'une unité de production est techniquement et allocativement efficace, le progrès technique est la seule source de gain de productivité globale des facteurs. Le taux de croissance de la productivité totale des facteurs est égal au taux de progrès technique. Dans ces conditions, la fonction de production n'admet pas une mauvaise combinaison technique ou une sous-utilisation des facteurs de production. Cependant, les observations des unités de production dans la pratique (Farrell, 1957; Leibenstein, 1966, 1975, 1978) montrent que, bien que les unités de production essaient d'être économiquement efficaces, elles n'y parviennent pas toujours avec succès. La plupart du temps elles évoluent en dessous de la frontière de production, ne parviennent pas à une allocation efficace des facteurs de production et n'ont pas la taille optimale. L'approche frontière de production admet que les unités de production maximisent le profit, mais elle intègre dans l'analyse de la fonction de production la possibilité d'inefficacité technique et allocative.

### **I.3 L'approche de la frontière de production**

L'approche de la frontière de production part du principe que les unités de production n'opèrent pas nécessairement sur leurs frontières de production comme postulé par la théorie néoclassique du producteur. Elle intègre dans la fonction de production la possibilité que les unités de production se situent en dessous de la frontière de production.

#### **I.3.1 Intégration des inefficacités technique et allocative dans la production**

Une unité de production est dite efficace si, à partir de son panier d'inputs, elle produit le maximum d'outputs possibles ou si, pour produire une quantité donnée d'outputs, elle utilise les plus petites quantités possibles d'inputs (Atkinson et Cornwell, 1994). Les premiers travaux sur le concept d'efficacité sont attribués à Koopmans (1951) et Debreu (1951). Koopmans fut le premier à proposer une mesure du concept d'efficacité et Debreu le premier à le mesurer empiriquement. Farrell (1957) fut le premier à définir clairement le concept d'efficacité économique et à distinguer les concepts d'efficacité technique et d'efficacité allocative (annexe 10).

La théorie néoclassique du producteur suppose que l'unité de production est rationnelle et évolue dans un environnement de concurrence parfaite. Le principe de rationalité signifie que l'unité de production agit en utilisant au mieux les ressources dont elle dispose compte tenu de ses contraintes. L'unité de production rationnelle a un objectif unique en tout temps et tout lieu, la maximisation du profit. Son comportement n'est pas déterminé par les habitudes sociales. Le producteur est complètement informé des tenants et des aboutissants de ses actions et est complètement sensible aux modifications de son environnement.

Dans ce cadre, l'unité de production est un centre de décision unifié, intégré et est le siège de calcul d'optimisation qui laisse peu de place au gaspillage de ressources rares. Une unité est dite économiquement inefficace lorsque sa combinaison des

facteurs de production ne permet pas de maximiser le profit. L'entreprise est alors en échec par rapport à son programme d'allocation optimale des ressources. En raison de l'incertitude, d'erreurs d'anticipation et plus généralement des insuffisances de l'input managérial, elle évolue à l'intérieur de son domaine des possibilités de production et s'expose à disparaître dans le processus de sélection naturelle du marché (Stigler, 1976). L'inefficacité économique dans une unité de production ne peut donc être qu'accidentelle ou temporaire dans le cadre de la théorie néoclassique du producteur.

Toutefois, Leibenstein (1966) a montré à travers sa théorie de l'inefficience-X que l'inefficacité économique est une réalité inhérente aux unités de production. Cette théorie est fondée sur l'observation que les organisations n'exploitent pas leurs ressources de façon optimale. Des unités en apparence identiques peuvent parvenir à des résultats inégaux en termes de productivité même si elles disposent de la même technologie et de la même combinaison des facteurs de production. Il s'ensuit que les entreprises n'opèrent pas seulement sur les points efficaces situés le long de la frontière de l'ensemble de production. Leibenstein a expliqué ce phénomène par l'existence d'un input X distinct des facteurs de production et qui reflète la qualité de l'organisation ou de la gestion des ressources.

L'inefficience-X est une théorie du comportement individuel fondée sur l'hypothèse méthodologique de rationalité limitée (Leibenstein, 1978 ; Simon, 1951, 1976). L'unité de production est incapable de collecter, stocker et traiter l'ensemble des informations dont elle peut disposer. Elle n'identifie pas la meilleure solution, mais s'arrête sur celle qui satisfait aux critères de sa propre rationalité. Elle est donc structurellement en dessous de sa frontière de production. Conceptuellement, l'inefficience-X décrit la même réalité que l'inefficacité économique au sens néoclassique, mais l'hypothèse méthodologique sur la rationalité de l'individu diffère radicalement.

Les unités de production ont des objectifs plus ou moins explicites et plus ou moins cohérents. Ces objectifs sont influencés par les valeurs de l'environnement socioéconomique et institutionnel et évoluent au cours du temps. Ces unités disposent d'une information limitée et leurs choix s'arrêtent sur une solution qui leur paraît satisfaisante par rapport à leurs objectifs et à la perception de leur situation car la quête du meilleur choix serait trop coûteuse. L'unité de production s'adapte à son environnement à partir d'enseignements découlant de ses expériences antérieures. La maximisation du profit n'apparaît pas comme une préoccupation immédiate parce que les producteurs tiennent compte à la fois de facteurs économiques et de facteurs extra-économiques.

L'entreprise ne minimise pas son coût moyen pour tout niveau de production au regard de la non maximisation du profit ; elle se situe en dehors de sa frontière de production impliquant ainsi un gaspillage de ressources. La poursuite d'un objectif autre que la maximisation du profit, l'usage d'une technologie sophistiquée par rapport aux besoins réels de production efficace, le relâchement de la productivité du travail, une perception imparfaite de l'environnement et une réaction inadaptée face à ces variations peuvent expliquer l'inefficacité économique des unités de production.

La nouvelle microéconomie néoclassique est parvenue à réinterpréter la théorie de l'inefficience-X en la rendant compatible avec la théorie néoclassique du producteur dans un cadre d'imperfections des marchés (Arrow, 1974 ; Akerlof, 1970 ; Stiglitz, 1977 ; Williamson, 1985). Tout en conservant l'hypothèse de rationalité de l'unité de production, elle admet que le marché est caractérisé par l'imperfection de l'information, des interactions stratégiques et des coûts de transaction. Aucune unité de production ne peut disposer de toute l'information nécessaire à l'action et encore moins prévoir les conséquences de ses décisions sur sa situation.

L'unité de production maximise son profit en fonction de ses opportunités, de ses contraintes, en faisant des anticipations sur les éléments inconnus de l'environnement et sur le comportement de ses partenaires ou concurrents. Dans ce cadre institutionnel, le producteur choisit les combinaisons qui lui permettent de contourner au mieux les règles et ce en fonction de la maximisation de son profit. La solution optimale pour l'unité de production s'arrête à celle qui paraît satisfaisante par rapport à la maximisation de son profit en situation d'imperfection des marchés. La quête d'une meilleure solution optimale pourrait s'avérer trop coûteuse en raison de l'importance des coûts de transaction.

En présence d'imperfections sur les marchés, les unités de production peuvent être structurellement inefficaces. Les coûts de transaction, l'imperfection de l'information et les comportements stratégiques des agents économiques ne permettent pas aux unités de production d'être économiquement efficaces, même si elles sont intentionnellement rationnelles. Dans ce cas, la mesure des degrés d'efficacité technique et allocative d'une unité de production permet de cerner si cette dernière peut accroître sa production sans pour autant consommer plus de ressources productives ou par une meilleure allocation des facteurs.

L'inefficacité technique est le gap entre la production effective et la production potentielle sur la frontière. Les points à l'intérieur de la frontière de production impliquent une mauvaise combinaison technique et une sous-utilisation des ressources productives. La fonction de production est définie selon l'approche frontière comme suit :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) * Etech(u), \quad (13)$$

où  $u$  est une variable aléatoire associée à l'inefficacité technique.  $Etech(u)$  est le niveau d'efficacité technique correspondant à  $u$ .  $f(.)$  représente la relation fonctionnelle associée à la technologie de production.

Une unité de production est techniquement efficace si et seulement si elle atteint l'output maximum compatible avec la technologie de production disponible et le vecteur des inputs. Le degré d'efficacité technique est mesuré par le ratio entre le niveau de production observé et le maximum possible avec la technologie et la quantité utilisées des facteurs. Selon Farrell (1957), le niveau d'efficacité technique est défini par :

$$Etech(u) = \frac{y}{f(x)} \quad 0 \leq Etech(u) \leq 1 \quad (14)$$

où  $y$  est la production effective

$f(x)$  est la production potentielle représentée par la fonction de production.

Une unité de production est techniquement efficace si et seulement si  $Etech(u) = 1$ , c'est-à-dire que la production effective est égale à la production potentielle. Dans le cas contraire, l'unité de production est techniquement inefficace.

Une unité de production est allocativement efficace si et seulement si les facteurs de production utilisés sont bien alloués compte tenu de leurs prix, c'est-à-dire que la productivité marginale en valeur de chaque facteur de production est égale au prix de ce facteur. L'efficacité allocative dans une unité de production présuppose l'efficacité technique. Le niveau d'efficacité allocative d'un facteur de production est mesuré par :

$$\exp(\xi_j) = \frac{P}{\omega_j} \frac{\partial f}{\partial x_j}(x) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

$\xi_j$  est une variable aléatoire associée à l'inefficacité allocative.

Si  $\xi_j = 0$  c'est-à-dire  $\exp(\xi_j) = 1$ , le facteur de production  $x_j$  est allocativement efficace, sinon il est allocativement inefficace.

Si  $\xi_j > 0$  c'est-à-dire  $\exp(\xi_j) > 1$ , le facteur de production  $x_j$  est sous-utilisé et inversement, si  $\xi_j < 0$  c'est-à-dire  $\exp(\xi_j) < 1$ , le facteur de production  $x_j$  est sur-utilisé.

L'efficacité d'échelle met en relation la taille et l'efficacité d'une unité de production. Lorsque la taille de l'unité n'est pas à l'optimum, tout changement lié à la taille peut être source de gain ou de perte de productivité. Le plus souvent dans les analyses sur l'efficacité des unités de production, on néglige l'efficacité d'échelle. Cela tient du fait que les analystes partent du principe que l'efficacité technique et l'efficacité allocative dans une unité de production impliquent nécessairement l'efficacité d'échelle. Pourtant, l'efficacité d'une unité dépend aussi de l'échelle de production lorsqu'elle est économiquement inefficace ; certaines unités de production sont plus efficaces à basse échelle et d'autres à haute échelle. Les rendements d'échelle sont souvent utilisés comme indicateurs de l'efficacité d'échelle.

### **I.3.2 Efficacité technique, progrès technique et productivité totale des facteurs**

La présence d'inefficacité technique, d'inefficacité d'échelle et d'inefficacité allocative dans la production affecte la productivité globale des facteurs. En intégrant le progrès technique dans l'analyse, considérons la fonction de production :

$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n, t) * Etech(u)$ . Le niveau d'efficacité technique peut alors être exprimé par la formule suivante :

$$Etech(u) = \frac{y}{f(x, t)} \quad (16)$$

La différenciation totale du logarithme de l'efficacité technique par rapport au

temps donne

$$\frac{d \ln Etech(u)}{dt} = \frac{d \ln y}{dt} - \sum_j \frac{\partial \ln f(x, t)}{\partial x_j} \frac{dx_j}{dt} - \frac{\partial \ln f(x, t)}{\partial t}$$

$$\text{d'où } \dot{y} = \frac{d \ln y}{dt} = \frac{d \ln Etech(u)}{dt} + \frac{\partial \ln f(x,t)}{\partial t} + \sum_j \frac{\partial \ln f(x,t)}{\partial x_j} \frac{dx_j}{dt}$$

En utilisant l'indice synthétique de Divisia,  $\dot{x} = \sum_j \frac{\omega_j x_j}{pf(x,t)} \dot{x}_j$  comme indice agrégé des inputs, le taux de croissance de la productivité totale des facteurs peut être défini comme suit :

$$PTF = \frac{d \ln Etech(u)}{dt} + \frac{\partial \ln f(x,t)}{\partial t} + \sum_j \frac{\partial \ln f(x,t)}{\partial x_j} \frac{dx_j}{dt} - \sum_j \frac{\omega_j x_j}{pf(x,t)} \dot{x}_j$$

$$\text{c'est-à-dire } PTF = Etech(u) + \tau + \sum_j \frac{\partial \ln f(x,t)}{\partial x_j} x_j \dot{x}_j - \sum_j \frac{\omega_j x_j}{pf(x,t)} \dot{x}_j$$

Le taux de croissance de la productivité totale des facteurs peut alors être écrit plus simplement comme suit :

$$PTF = Etech(u) + \tau + \sum_j \left[ \varepsilon_j^p(x_j, t) - \frac{\omega_j x_j}{pf(x,t)} \right] \dot{x}_j \quad \text{c'est-à-dire}$$

$$PTF = \tau + Etech(u) + [\varepsilon^p(x,t) - 1] \sum_j \frac{\varepsilon_j^p(x_j, t)}{\varepsilon^p(x,t)} \dot{x}_j + \sum_j \left[ \frac{\varepsilon_j^p(x_j, t)}{\varepsilon^p(x,t)} - \frac{\omega_j x_j}{pf(x,t)} \right] \dot{x}_j$$

Le niveau d'efficacité allocative d'un facteur de production est défini par :

$$\exp(\xi_j) = \frac{P}{\omega_j} \frac{\partial f}{\partial x_j}(x,t), \quad \text{ce qui implique } \omega_j x_j = x_j \frac{\partial f}{\partial x_j}(x,t) \frac{p}{\exp(\xi_j)}$$

En intégrant l'efficacité allocative dans la productivité totale des facteurs, nous obtenons

$$PTF = \tau + Etech(u) + [\varepsilon^p(x,t) - 1] \sum_j \frac{\varepsilon_j^p(x_j, t)}{\varepsilon^p(x,t)} \dot{x}_j + \sum_j \left[ \frac{\varepsilon_j^p(x_j, t)}{\varepsilon^p(x,t)} - \frac{\varepsilon_j^p(x_j, t)}{\exp(\xi_j)} \right] \dot{x}_j \quad (17)$$

Ce résultat met en évidence quatre sources de gain de productivité globale des facteurs lorsqu'une unité de production est techniquement et allocativement inefficace :

(i) Le premier terme de la droite de l'équation est le taux de progrès technique ( $\tau$ ) qui représente le déplacement de la frontière de production dans le temps.

(ii) Le second terme de la droite de l'équation est le taux de croissance de l'efficacité technique, ( $\dot{Etech}(u)$ ) qui capture le mouvement des unités de production vers ou loin de la frontière de production.

(iii) Le troisième terme de la droite de l'équation matérialise le rôle des rendements d'échelle.

Ce terme donne un effet pondéré des rendements d'échelle sur la productivité totale des facteurs. Des rendements d'échelle constants ( $\varepsilon^p(x,t) = 1$ ), n'ont aucun effet sur la productivité totale des facteurs. Cependant, la productivité totale des facteurs augmente lorsque les rendements d'échelle sont croissants ( $\varepsilon^p(x,t) > 1$ ) et diminue en présence de rendements d'échelle décroissant ( $\varepsilon^p(x,t) < 1$ ).

L'amplitude de l'effet des rendements d'échelle sur la productivité globale des facteurs dépend de la pondération  $\sum_j \frac{\varepsilon_j^p(x_j,t)}{\varepsilon^p(x,t)} x_j$ .

(iv) Le dernier terme de la droite de l'équation matérialise le rôle de l'efficacité allocative.

Lorsque les facteurs de production sont efficacement alloués ( $\exp(\xi_j) = 1, \forall j$ ), les deux derniers termes se neutralisent et le taux de croissance de l'efficacité technique est nul. Cela tient du fait que l'efficacité allocative présuppose l'efficacité technique, c'est-à-dire que l'unité de production est sur sa frontière (annexe 10). Le taux de croissance de la productivité totale des facteurs est alors égal au taux de progrès technique. Ce résultat implique que les rendements

d'échelle (ou la taille de l'unité) ne jouent sur la productivité globale des facteurs, que si les facteurs de production sont inefficacement alloués. Les deux derniers termes de droite résument donc l'effet de l'inefficacité allocative sur la productivité totale des facteurs.

Ces résultats montrent que lorsqu'une unité de production est techniquement et allocativement efficace, le progrès technique ( $\tau$ ) est la seule source de productivité. Ces conclusions sont conformes avec celles obtenues avec la fonction de production où on supposait que les unités de production étaient économiquement efficaces.

L'approche que nous avons adoptée pour décomposer le taux de croissance de la productivité totale des facteurs permet de retrouver les résultats de Kumbhakar et Lovel (2000) en supposant que le quatrième terme de droite est nul dans la formulation. Cette option avait été proposée par ces auteurs dans les cas où les informations sur les prix ne seraient pas disponibles et où les facteurs de production seraient bien alloués. Cependant, la décomposition plus exhaustive de la productivité totale des facteurs montre que lorsque les facteurs de production sont bien alloués, les rendements d'échelle n'ont pas d'effets sur la productivité totale des facteurs.

Cette présentation de la productivité totale des facteurs est également plus exhaustive que les travaux de Bauer (1990), Tzouvelekas et al. (1999) qui ne mettent pas en évidence le rôle de l'efficacité allocative et des rendements d'échelle dans la croissance de la productivité totale. Leurs travaux décomposent le taux de croissance de la productivité globale des facteurs seulement en progrès technique et en efficacité technique. Ces résultats montrent également que l'approche paramétrique de la frontière de production est plus intéressante par rapport à l'approche non paramétrique DEA en matière d'analyse de la productivité. L'approche DEA permet juste de décomposer le taux de croissance de la

productivité selon la contribution du progrès technique et de l'efficacité technique (Thirtle et al., 1995; Coelli et Rao, 2003 ; Färe et al., 1994).

#### **I.4 Modèle théorique de la production des exploitations cotonnières**

Le modèle de production des exploitations cotonnières est une représentation simplifiée des caractéristiques essentielles du processus de production. L'analyse de la technologie de production repose sur la spécification d'une forme fonctionnelle pour la fonction de production. Cette section applique la forme fonctionnelle la plus appropriée au cadre théorique de la frontière de production, pour construire un modèle de production aux exploitations cotonnières.

##### **I.4.1 Critères de choix des formes fonctionnelles**

Le choix d'une forme fonctionnelle qui puisse traduire le plus fidèlement possible la technologie de production décrite par la théorie économique du producteur est une opération complexe. Ni la théorie économique du producteur, ni les connaissances empiriques accumulées ne fournissent suffisamment d'informations pour la spécification de la forme fonctionnelle. Dans la pratique, le choix des formes fonctionnelles repose sur des critères comme la consistance théorique, la flexibilité et la conformité avec la réalité.

###### **(i) La consistance théorique**

La forme fonctionnelle doit permettre de dériver des outils d'analyse de la technologie de production compatible avec les propositions de la théorie économique du producteur. La consistance théorique signifie que la forme fonctionnelle choisie doit être capable d'intégrer toutes les propriétés théoriques requises par la technologie de production. Ainsi, pour que les paramètres estimés soient valides, la forme fonctionnelle doit, soit posséder intrinsèquement les propriétés théoriques de la technologie de production, soit permettre de les imposer.

## (ii) La flexibilité

La flexibilité de la forme fonctionnelle permet une approximation plus satisfaisante des outils d'analyse de la technologie de production. Dans le cas de la technologie de production, une forme fonctionnelle peu flexible peut produire des élasticités de production ou de substitution constantes. Dans ce cas, elle n'est pas très réaliste et les paramètres estimés ne sont pas très appropriés pour représenter la technologie.

## (iii) La conformité avec la réalité

La forme fonctionnelle doit décrire la réalité de la technologie de production le plus fidèlement possible. Elle doit être en phase avec les faits empiriques connus et largement acceptés par les analystes. Dans le cas de la technologie de production, toutes choses égales par ailleurs, la loi des rendements marginaux décroissants des facteurs de production est vérifiée et acceptée par les économistes. Toute forme fonctionnelle qui ne respecterait pas ces faits empiriques observables n'est pas consistante pour représenter la technologie de production.

### **I.4.2 Les formes fonctionnelles les plus utilisées en production**

De nombreuses fonctions de production sont souvent utilisées pour représenter la technologie de production. Les fonctions de production Cobb-Douglas, CES et translogarithmiques sont les plus couramment utilisées pour l'estimation des frontières de production (Amara et Romain, 2000). Dans cette section, nous présentons les propriétés de ces formes fonctionnelles afin de sélectionner la plus appropriée pour représenter la technologie de production des exploitations cotonnières.

#### (i) La fonction de production Cobb-Douglas

La fonction de production Cobb-Douglas (1928) est la première forme fonctionnelle qui a permis la substitution entre les facteurs de production. Cette forme fonctionnelle est le résultat des travaux empiriques pionniers de James Cobb

et Paul Douglas. Ils ont observé que la part du travail dans le revenu national a été approximativement constante dans le temps et indépendamment des prix relatifs du capital et du travail. Ils déduisent sous les hypothèses de rendements d'échelle constants, de fonctionnement parfait des marchés des inputs et des outputs et de maximisation du profit par les firmes, que la fonction de production doit être de la forme suivante :

$$y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \quad \text{où } K \text{ et } L \text{ sont les quantités de capital et de travail.}$$

La forme fonctionnelle Cobb-Douglas peut se généraliser comme suit :

$$y = Ax_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n}$$

En prenant le logarithme de la forme fonctionnelle Cobb-Douglas, nous obtenons la forme linéaire suivante :

$$\ln y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \dots + \alpha_n \ln x_n \quad \text{avec } \alpha_0 = \ln A$$

La fonction de production Cobb-Douglas est continue et deux fois différentiable, monotone et quasi-concave. Ses coefficients sont directement interprétables comme les élasticités de la production de chaque facteur ( $\varepsilon_j^p(x_j) = \alpha_j$  ;  $j = 1, \dots, n$ ).

Cependant, elle ne permet pas d'atteindre le maximum de la fonction de production. Pour une telle fonction, la productivité marginale de chaque facteur de production décroît, mais demeurera toujours strictement positive. En plus, l'élasticité de substitution entre deux facteurs est constant et identiquement égale à 1 pour tous les couples de facteurs de production ( $\sigma_{jk} = 1$  ;  $j, k = 1, \dots, n$ ), ce qui paraît peu vraisemblable. Cela signifie que tous les couples de facteurs de production sont substituables. La possibilité de parfaite substituabilité ou de complémentarité entre des facteurs de production n'est donc pas envisageable avec la fonction de production Cobb-Douglas. Toutes ces limites ont favorisé le développement de la fonction de production CES.

(ii) La fonction de production CES<sup>6</sup>

Arrow et al. (1961) ont développé une fonction de production plus générale que la fonction de production Cobb-Douglas. La fonction de production CES dans le cas de deux inputs peut s'écrire comme suit :

$$y = A \left[ \alpha_1 x_1^{-\beta} + (1 - \alpha_1) x_2^{-\beta} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad \text{avec } \beta \geq -1 \text{ et où } A, \alpha_1 \text{ et } \beta \text{ sont des paramètres.}$$

La généralisation de la fonction de production CES permet d'écrire,

$$y = A \left( \alpha_1 x_1^{-\beta} + \dots + \alpha_n x_n^{-\beta} \right)^{-1/\beta} \quad \text{avec } \beta \geq -1 \text{ et où } A, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \text{ et } \beta \text{ sont des paramètres.}$$

La fonction de production CES est continue et deux fois différentiable, monotone et quasi-concave. Bien que la fonction de production CES soit plus générale que la fonction de Cobb-Douglas, elle impose des limites sur la substitution. Cependant, par rapport à la fonction de production Cobb-Douglas, elle permet de traiter de tous les cas de substitution entre les facteurs de production. L'élasticité de substitution entre deux facteurs est identique pour tous les couples de facteurs de production, ce qui paraît peu vraisemblable ( $\sigma_{jk} = \frac{1}{1+\beta}$  ;  $\beta \geq -1$ ). Elle ne permet pas non plus de traiter de la complémentarité entre les facteurs de production. La fonction de production CES se rapproche d'une fonction de production Cobb-Douglas lorsque  $\beta \rightarrow 0$ . Les limites de la fonction de production CES ont conduit au développement de la fonction de production translogarithmique.

(iii) La fonction de production translogarithmique

Introduite par Christensen et al. (1973), la fonction de production translogarithmique est l'une des formes générales les plus utilisées en production. Elle est une approximation au second degré d'une forme quelconque de la fonction de production. Cette fonction est tout à fait flexible et n'impose aucune restriction

---

<sup>6</sup> Constant Elasticity Substitution

sur l'élasticité de la production et l'élasticité de substitution entre les facteurs. Elle se réduit à un Cobb-Douglas lorsque  $\gamma_{ij} = 0$ . La forme fonctionnelle translogarithmique s'écrit comme suit :

$$\ln y = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad \text{avec } \gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$

La forme fonctionnelle translogarithmique est continue et deux fois dérivable. Elle permet de tester localement ou d'intégrer les restrictions utiles (monotonie et quasi-concavité) pour représenter la technologie de production.

L'analyse des formes fonctionnelles couramment utilisées pour représenter la technologie de production, permet de choisir la fonction de production translogarithmique comme la plus appropriée pour un ajustement de la technologie de production. Du point de vue théorique, cette forme fonctionnelle permet de tester ou d'imposer les restrictions théoriques requises par la technologie de production. Du point de vue empirique, la fonction de production translogarithmique est, avec la fonction de production Cobb-Douglas, les plus utilisées pour l'approximation de la frontière de production (Amara et Romain, 2000). Elle est flexible et permet une estimation aisée de la technologie de production et des niveaux d'efficacité technique. L'expérience pratique enseigne que la plupart des processus de production biologique ont un maximum au-delà duquel des intrants additionnels n'ont aucun effet ou ont un effet négatif, ce qui peut conduire à des productivités marginales négatives. Si c'est le cas dans la production cotonnière, la fonction de production translogarithmique est tout à fait appropriée pour représenter la technologie.

#### **I.4.3 Modèle de frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés**

Le modèle de production adopté pour représenter la technologie des exploitations cotonnières est une mise en œuvre de l'approche de la frontière de production. Il

suppose que les exploitations cotonnières burkinabè n'utilisent pas leurs ressources productives de façon efficace. Ce modèle théorique est un système de production qui comprend non seulement la frontière de production des exploitations cotonnières, mais aussi la fonction des niveaux d'inefficacité technique.

Les facteurs explicatifs de l'inefficacité technique sont à rechercher dans les caractéristiques spécifiques aux unités de production ou dans l'environnement institutionnel. La frontière de production, en plus de s'intéresser aux niveaux d'efficacité technique, permet de mener des investigations sur leurs facteurs socioéconomiques et institutionnels explicatifs. Ces facteurs sont susceptibles de diverger de manière significative d'une exploitation cotonnière à l'autre et pourraient avoir un impact sur leurs degrés d'efficacité technique.

La frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés des exploitations cotonnières peut s'écrire alors comme suit :

$$y = f(x,t) * \exp(-u) \quad (18)$$

$$u = h(z) \quad (19)$$

avec  $u \geq 0$

où  $y$  est la production effective atteinte par une exploitation cotonnière,  $f(x,t)$  est la fonction de production,  $x$  représente les facteurs de production,  $u$  est une variable aléatoire qui mesure toute déviation de la production effective par rapport à la production potentielle (inefficacité technique) et  $t$  est le temps, utilisé comme proxy du progrès technique.

$\exp(-u)$  représente le niveau d'efficacité technique, les  $z$  sont les variables socioéconomiques et institutionnelles explicatives de l'inefficacité technique de la production des exploitations cotonnières.

Si l'exploitation cotonnière est techniquement efficace,  $u = 0$  et  $y = f(x)$  c'est-à-dire que la production effective est égale à la production potentielle.

Si l'exploitation cotonnière est techniquement inefficace,  $u > 0$  et  $y < f(x)$  c'est-à-dire que la production effective est inférieure à la production potentielle.

La spécification translogarithmique de la frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés est :

$$\ln y = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_j + \alpha_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_j \ln x_k + \sum_{j=1}^n \alpha_{jt} t \ln x_j - u \quad (20)$$

$$u = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln z_j + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^q \beta_{jk} \ln z_j \ln z_k + \sum_{j=1}^q \beta_{jt} t \ln z_j \quad (21)$$

avec  $\alpha_{jk} = \alpha_{kj}$ ,  $\alpha_{jt} = \alpha_{tj}$ ,  $\beta_{jt} = \beta_{tj}$  et  $\beta_{jk} = \beta_{kj}$

où  $\alpha_0, \alpha_j, \alpha_t, \alpha_{tt}, \alpha_{jk}, \alpha_{jt}, \beta_0, \beta_j, \beta_t, \beta_{tt}, \beta_{jk}$  et  $\beta_{jt}$  sont des paramètres à estimer

En raison de la loi des rendements marginaux décroissants, toutes choses égales par ailleurs, chaque unité supplémentaire d'un facteur de production, accroît le niveau de la productivité marginale jusqu'à un certain seuil où son impact devient décroissant. L'effet de l'augmentation d'un facteur sur le niveau de la production atteint son maximum lorsque la productivité marginale de ce facteur est nulle. Dans ce cas, nous nous attendons à ce que les productivités marginales des facteurs de production soient positives.

La fonction de production translogarithmique n'est globalement ni monotone croissante, ni quasi-concave. Nous devons donc tester localement si ces deux propriétés sont vérifiées. Afin de tester la monotonie, nous allons calculer les produits marginaux. La quasi-concavité requiert que la matrice hessienne de la fonction de production soit sémi-définie négative. Les outils d'analyse de la technologie de production générés à partir de la spécification translogarithmique se présentent comme suit :

L'élasticité de la production de chaque facteur de production est définie par,

$$\varepsilon_j^p(x_j) = \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_j} = \alpha_j + \alpha_{jt} + \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_k \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

La productivité marginale de chaque facteur de production est définie par,

$$Pm_j(x) = \frac{y}{x_j} \left( \alpha_j + \alpha_{jt} + \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_k \right) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

La nature des rendements d'échelle de la production est décrite par,

$$\varepsilon^p(x) = \sum_{j=1}^n \left( \alpha_j + \alpha_{jt} + \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_k \right), \quad (24)$$

Le taux marginal de substitution technique entre deux facteurs de production s'exprime comme suit,

$$TMST(x_j, x_k) = - \left( \alpha_j + \alpha_{jt} + \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_k \right) / \left( \alpha_k + \alpha_{kt} + \sum_{j=1}^n \alpha_{jk} \ln x_j \right) \quad j, k = 1, \dots, n \quad (25)$$

Le taux de progrès technique est défini par,

$$\tau = \frac{\partial \ln y}{\partial t} = \alpha_t + \alpha_{ut} + \sum_{j=1}^n \alpha_{jt} \ln x_j \quad (26)$$

La contribution de la composante exogène du progrès technique est  $\alpha_t + \alpha_{ut}$ , celle

endogène est  $\sum_{j=1}^n \alpha_{jt} \ln x_j$ .

Le niveau d'efficacité technique ( $Etech(u)$ ) d'une exploitation cotonnière est défini

$$\text{par : } Etech(u) = \exp(-u) \quad \text{avec } u \geq 0 \quad (27)$$

Le niveau d'efficacité technique est compris entre 0 et 1. Le taux de croissance de l'efficacité technique est défini par,

$$\dot{Etech}(u) = \frac{\partial \ln \exp(-u)}{\partial t} = \frac{\partial(-u)}{\partial t} = -\beta_t - \beta_{ut} - \sum_{j=1}^n \beta_{jt} \ln z_j \quad (28)$$

Les paramètres issus de l'estimation d'une fonction d'inefficacité technique translogarithmique ne sont pas directement interprétables. Pour cela, nous allons calculer l'effet marginal de chaque facteur socioéconomique et institutionnel sur l'efficacité technique.

$$Em\_Etech_j(u) = \frac{\partial \ln \exp(-u)}{\partial z_j} = \frac{\partial(-u)}{\partial z_j} = -\frac{\beta_j}{z_j} - \frac{\beta_{jt}}{z_j} t - \sum_{k=1}^q \frac{\beta_{jk}}{z_j} \ln z_k \quad j = 1, 2, \dots, q \quad (29)$$

L'efficacité allocative se définit comme suit,

$$\exp(\xi_j) = \frac{P}{\omega_j} \frac{y}{x_j} \left( \alpha_j + \alpha_{jt} t + \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_k \right) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (30)$$

L'évaluation de ces outils d'analyse permet de caractériser la technologie de production des exploitations cotonnières. Les paramètres de la fonction de production seront ensuite utilisés pour décomposer le taux de croissance de la productivité globale des facteurs selon le taux de progrès technique, le taux de croissance de l'efficacité technique, les rendements d'échelle et l'efficacité allocative.

## 1.5 Conclusion

Ce chapitre a montré qu'en présence d'imperfections sur les marchés, le cadre d'analyse théorique de la fonction de production n'est pas suffisant pour représenter la technologie de production. En raison des inefficacités techniques et allocatives dans la production, c'est l'approche frontière de production qui est la plus appropriée pour représenter la technologie de production. Cette démarche met en évidence le rôle du progrès technique, de l'efficacité technique, des rendements d'échelle et de l'efficacité allocative sur les gains de productivité globale des facteurs. L'approche de la frontière de production avec effets d'inefficacité incorporés a été utilisée pour construire un modèle de production pour les exploitations cotonnières burkinabè.

L'approche frontière de production telle que développée dans notre cadre théorique, n'est applicable que dans le cas d'un seul output. Dans un cas multi-outputs, la technologie de production peut être représentée par la fonction de distance (Shephard, 1970). A partir du modèle théorique de la frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés des exploitations cotonnières, nous allons développer un modèle économétrique pour estimer les paramètres.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Chapitre II : Modélisation économétrique de la production des exploitations cotonnières

---

### II.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter le modèle économétrique qui sera appliqué aux exploitations cotonnières et les procédures d'estimation des paramètres. Une frontière de production stochastique avec effets d'inefficacité technique incorporés a été développée pour tenir compte de la présence éventuelle d'inefficacité technique importantes dans les exploitations cotonnières burkinabè. La frontière de production estime les inefficacités techniques avec l'hypothèse forte que les unités de production sont homogènes et utilisent la même technologie. Toutefois, la production cotonnière est caractérisée par l'utilisation de deux types de technologies différentes, la traction animale et la traction manuelle.

La prise en compte de cette réalité nécessite l'estimation d'une frontière de production pour chaque type de technologie. Cette approche pose un problème de biais d'endogénéité si l'appartenance d'une exploitation cotonnière à un groupe technologique est déterminée par une variable latente non observée. Pour corriger éventuellement le biais d'endogénéité résultant de l'adoption de la technologie de production, nous proposons une partition endogène de l'échantillon selon l'utilisation de la traction animale. Cette procédure permet de déterminer la probabilité de chaque exploitation cotonnière d'adopter la traction animale. La méthode d'estimation en deux étapes de Heckman (1979) a été proposée pour résoudre le problème de biais d'endogénéité lié à l'adoption de la traction animale.

La suite du chapitre propose dans un premier temps une spécification du modèle économétrique prenant en compte les spécificités de l'environnement productif des exploitations cotonnières burkinabè (II.2). Ensuite, la méthode d'estimation des modèles économétriques et les logiciels appropriés pour sa mise en œuvre sont

présentés (II.3). Enfin, le chapitre propose des mesures et tests économétriques pour évaluer la pertinence et la consistance des résultats d'estimation des modèles économétriques (II.4).

## **II.2 Spécification du modèle économétrique de la production des exploitations**

La revue des études antérieures suggère une spécification du modèle économétrique selon l'approche de la frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique. Pour faire face à un éventuel biais d'endogénéité lié au choix de la technologie de production, le modèle a été estimé séparément selon l'utilisation de la traction animale.

### **II.2.1 Les modèles à frontières de production paramétriques**

La littérature économique distingue deux méthodes de spécification économétrique de la frontière de production paramétrique. Il s'agit des approches à frontières de production déterministes et des approches à frontières de production stochastiques. Farrell (1957) fut le premier à développer l'approche paramétrique déterministe. Il proposa l'approximation de la fonction de production efficace par une forme fonctionnelle connue a priori avec hypothèses de rendements d'échelle constant. Aigner et Chu (1968) ont relâché l'hypothèse des rendements d'échelle constant en faveur de l'hypothèse moins contraignante de l'homogénéité de la fonction de production. Inspiré par les suggestions de Aigner et Chu (1968), Timmer (1971) a proposé le modèle probabiliste pour pallier l'une des lacunes de l'approche déterministe et paramétrique, soit la sensibilité de la fonction frontière aux observations extrêmes.

L'approche déterministe de la frontière de production attribue tout écart qu'une firme affiche par rapport à sa frontière de production à l'inefficacité technique, aucune erreur aléatoire n'est admise (Farrell, 1957 ; Aigner et Chu, 1968 ; Färe et al., 1994 ; Greene, 1980). La frontière de production déterministe néglige la possibilité que la performance d'une unité de production puisse être affectée par

plusieurs facteurs hors de son contrôle, tels les aléas climatiques, les mauvais rendements des moyens de production ou encore la pénurie en intrants. La frontière de production déterministe est donc source de surestimation de l'inefficacité technique. Ces arguments sont à l'origine du développement de l'approche stochastique ou à erreurs composées de la frontière de production.

La frontière stochastique de production a été introduite à l'origine presque simultanément par deux publications, Meeusen et van den Broeck (1977), Aigner et al. (1977) et améliorée par Jondrow et al. (1982), pour permettre l'estimation d'indices d'efficacité technique spécifiques à chaque firme. Cette approche postule que le terme d'erreur est composé de deux parties indépendantes, une erreur aléatoire qui capte les inefficacités techniques et une erreur aléatoire qui prend en compte les autres erreurs du modèle.

Les premières approches supposaient que les inefficacités techniques des firmes étaient indépendantes dans le temps. Schmidt et Sickles (1984) ont proposé une approche qui permettait aux inefficacités techniques d'être constantes dans le temps. Des modèles plus élaborés ont permis d'estimer des inefficacités techniques variant dans le temps pour chaque firme (Kumbhakar, 1990; Battese et Coelli, 1991; Battese et Coelli 1992).

Tous les travaux précédents sur la frontière stochastique permettent seulement d'obtenir des indices d'efficacité technique pour chaque unité de production. Plusieurs études ont voulu estimer les facteurs susceptibles d'expliquer l'inefficacité technique. Jusqu'au début des années quatre-vingt, les études utilisaient une approche à deux étapes (Pitt et Lee, 1981 ; Kalirajan, 1981).

La première étape consiste en la spécification et l'estimation d'une frontière stochastique de production et à la prédiction des indices d'efficacité technique, sous l'hypothèse que les effets des inefficacités techniques sont indépendamment distribués. La deuxième étape consiste à spécifier un modèle de régression mettant en relation les inefficacités techniques prédites avec une série de variables

socioéconomiques ou autres (niveau de scolarité du gestionnaire, statut de propriété, taille de la firme, temps, etc.). Cette seconde étape est en contradiction avec l'hypothèse selon laquelle les effets d'inefficacité technique sont indépendamment distribués dans la frontière stochastique de production. Cette estimation séparée est biaisée puisque l'inefficacité technique est considérée comme exogène dans la frontière de production et endogène dans l'explication du niveau des inefficacités techniques.

Pour pallier cette lacune, plusieurs auteurs ont proposé des modèles qui permettent d'estimer simultanément la frontière stochastique de production et les facteurs socioéconomiques et institutionnels explicatifs de l'inefficacité technique des unités de production. Ces modèles ont d'abord été proposés par Deprins et Simar (1989) dans un contexte de frontière déterministe et repris dans un contexte de frontière stochastique par Kumbhakar et al. (1991), Reifschneider et Stevenson (1991), Huang et Liu (1994) et Battese et Coelli (1995). Le modèle proposé par Huang et Liu (1994) tient compte des interactions entre les variables qui caractérisent l'inefficacité et les facteurs de production. Battese et Coelli (1995) ont utilisé une variante de ce dernier modèle pour estimer simultanément la frontière de production stochastique et les facteurs de l'inefficacité technique.

La revue des techniques d'estimation économétrique des frontières de production montre que l'approche de la frontière de production stochastique avec effets d'inefficacité technique est adéquate pour estimer le modèle de production des exploitations cotonnières. Le recours à la frontière de production stochastique permet d'isoler le terme d'erreur purement aléatoire de celui reflétant l'inefficacité technique et devrait par conséquent conduire à une mesure plus précise de l'efficacité technique. Ce modèle sera donc utilisé pour étudier l'efficacité technique des exploitations cotonnières burkinabè.

## II.2.2 Frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique

Le modèle théorique des exploitations cotonnières sera estimé en utilisant des données panels. L'usage de données à la fois spatiales et temporelles pour l'estimation des frontières de production avec effets d'inefficacité technique confère aux paramètres beaucoup plus de fiabilité et de stabilité. L'information temporelle prend en compte l'évolution des changements au niveau des unités observées, tandis que l'information en coupe reflète les variations entre les unités observées. Les données panels sont donc plus riches et d'une plus grande variabilité (Greene, 2005). Elles permettent d'améliorer la qualité des estimations économétriques à travers l'augmentation du degré de liberté. Le modèle de frontière de production stochastique à effets d'inefficacité technique incorporés a été utilisé pour la première fois sur des données panels par Battese et Coelli (1995) sur des exploitations de riz en Inde.

Supposons que nous observons la production de coton, les facteurs de production, les variables socioéconomiques et institutionnelles de  $N$  exploitations cotonnières pendant  $T$  périodes. Le modèle de frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique incorporés des exploitations cotonnières peut être défini comme suit :

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_{jit} + \alpha_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_{jit} \ln x_{kit} + \sum_{j=1}^n \alpha_{jt} \ln x_{jit} t - u_{it} + v_{it} \quad (31)$$

$$u_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln z_{jit} + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^q \beta_{jk} \ln z_{jit} \ln z_{kit} + \sum_{j=1}^q \beta_{jt} \ln z_{jit} t + w_{it} \quad (32)$$

où  $i$  désigne la  $i^{\text{ème}}$  exploitation cotonnière ( $i=1, \dots, N$ ) et  $t$  la  $t^{\text{ème}}$  année ( $t=1, \dots, T$ );

$v_{it}$  et  $w_{it}$  sont des variables aléatoires représentant les erreurs d'estimation et  $u_{it}$  la variable aléatoire associée à l'inefficacité technique.

Les hypothèses du modèle sont les suivantes :

(i) Les erreurs aléatoires  $v_{it}$  suivent une loi de distribution normale de moyenne 0 et de variance  $\sigma_v^2$  et sont indépendantes des inefficacités techniques  $u_{it}$  c'est-à-dire

$$v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2) \text{ et } \text{cov}(v_{it}, u_{it}) = 0 ;$$

(ii) Les erreurs aléatoires associées aux inefficacités techniques  $u_{it}$  sont identiquement et indépendamment distribuées selon une loi de distribution normale de moyenne  $m_{it}$ , de variance  $\sigma_u^2$  et tronquées à zéro c'est-à-dire  $u_{it} \sim N(m_{it}, \sigma_u^2)$  et  $u_{it} \geq 0$  ;

(iii) Les erreurs aléatoires  $w_{it}$  suivent une loi de distribution normale tronquée de moyenne 0 et de variance  $\sigma_w^2$  tel que le point de troncature est  $-m_{it}$ , c'est-à-dire

$$w_{it} \sim N(0, \sigma_w^2) \text{ et } w_{it} \geq -m_{it} .$$

Sous ces hypothèses, les paramètres de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique peuvent être estimés par la méthode du maximum de vraisemblance.

La frontière est stochastique dans la mesure où elle combine les deux termes d'erreur  $u_{it}$  et  $v_{it}$  ; dans la frontière déterministe, le terme  $v_{it}$  n'apparaît pas. Ce type de frontière ne prend donc pas en compte le terme d'erreur classique, et tout écart par rapport à la frontière est considéré comme dû à l'inefficacité.

Le modèle de frontière de production estime les inefficacités techniques en supposant que les unités de production sont homogènes et utilisent la même technologie. Cependant, la production cotonnière burkinabè est caractérisée par l'utilisation de deux types de technologies différentes. Les exploitations cotonnières à traction animale et les exploitations cotonnières à traction manuelle font certainement face à des contraintes technologiques différentes. Les paramètres des fonctions de production et les niveaux d'efficacité technique des exploitations

cotonnières devraient différer sensiblement selon la technologie utilisée. De ce fait, la non intégration de cette réalité dans le modèle peut biaiser les paramètres estimés. Le modèle peut être modifié pour refléter l'effet de la technologie de production de plusieurs manières. Des variables muettes peuvent être associées aux paramètres de la frontière de production pour saisir l'influence de la traction animale. Cette méthode pose des problèmes d'estimation lorsque tous les paramètres sont affectés par la traction animale. Dans ce dernier cas, il faudrait introduire une variable muette pour chaque paramètre. Une seconde procédure consiste à construire une frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique pour chaque groupe technologique, ce qui permet de saisir les différences entre les exploitations cotonnières à traction animale et les exploitations cotonnières à traction manuelle. Le modèle de frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique peut être réécrit dans ce cas comme suit :

$$\ln y_{it}^{TA} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_{jit}^{TA} + \alpha_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_{jit}^{TA} \ln x_{kit}^{TA} + \sum_{j=1}^n \alpha_{jt} \ln x_{jit}^{TA} t - u_{it}^{TA} + v_{it}^{TA} \quad (33)$$

$$u_{it}^{TA} = \beta_0 + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln z_{jit}^{TA} + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^q \beta_{jk} \ln z_{jit}^{TA} \ln z_{kit}^{TA} + \sum_{j=1}^q \beta_{jt} \ln z_{jit}^{TA} t + w_{it}^{TA} \quad (34)$$

où  $TA=1$  pour le système de production des exploitations à traction animale et  $TA=0$  pour le système de production des exploitations à traction manuelle.

La procédure la plus courante consiste à estimer séparément chaque système de production des exploitations cotonnières. Cette approche a toutefois une faiblesse majeure ; les résultats de la régression ne sont statistiquement valables que si la subdivision de l'échantillon est purement exogène, c'est-à-dire que le choix de la traction animale n'est pas sous l'influence des variables socioéconomiques propres aux exploitations cotonnières. Si le choix de la traction animale est affecté par les caractéristiques des exploitations cotonnières, un problème de biais d'endogénéité

se pose. Une estimation issue d'une régression séparée selon la traction animale serait biaisée à cause de l'espérance non nulle des erreurs dans les deux modèles (Maddala, 1983 ; Goldfeld et Quandt, 1973 ; Maddala et Nelson, 1975). De même, la matrice de covariance des erreurs serait non sphérique (Maddala, 1983) et devrait être corrigées de façon appropriée.

Un modèle de changement de régime technologique avec partition endogène de l'échantillon permet de corriger ce biais (Rochdi, 1997, Heshmati, 1994). La méthode d'estimation en deux étapes de Heckman (1979) permet de corriger le biais d'endogénéité. En raison de sa simplicité, cette méthode a eu de nombreuses applications. Au Burkina Faso, des études ont trouvé que l'adoption de la traction animale était endogène (Savadogo et al., 1995, 1998; Combarry, 2003). La méthode consiste dans un premier temps, à formuler un modèle qui décrit la probabilité d'adopter la traction animale. L'estimation statistique de ce modèle apporte des résultats qui peuvent ensuite être utilisés pour établir cette probabilité pour chaque exploitation cotonnière. La seconde étape concerne la correction du biais d'endogénéité. Elle consiste à intégrer les probabilités individuelles estimées comme une variable explicative supplémentaire dans la frontière de production avec effets d'inefficacité technique.

Considérons que la décision du producteur d'adopter la traction animale est fonction des effets bénéfiques attendus. Dans ce cas, ce ne sont pas les moyens financiers seulement qui déterminent le choix de la traction animale, mais aussi le résultat des avantages attendus et les caractéristiques propres aux producteurs (Hayami et Ruttan, 1985). Les exploitations cotonnières n'adoptent la traction animale que si le bénéfice espéré dépasse un certain seuil. Le choix de la technologie est modélisé comme un modèle de choix binaire probit :

$$TA_{it}^* = \theta' \eta_{it} - \omega_{it} \quad (35)$$

où  $TA^*$  est une variable latente non observée qui détermine la décision du producteur d'adopter la traction animale. Elle mesure le gain anticipé de

l'utilisation de la traction animale. La variable observée  $TA$  prend la valeur 1 si  $TA^* > 0$  (adoption de la traction animale) ou 0 si  $TA^* \leq 0$  (adoption de la traction manuelle).

$\eta$  est un ensemble de caractéristiques propres à chaque exploitation cotonnière et susceptible d'affecter l'adoption technologique ;

$\theta$  est un vecteur de paramètres de l'adoption technologique à estimer ;

$\omega$  est un vecteur des erreurs aléatoires associées à l'adoption technologique.

L'estimation des paramètres du modèle probit permet de calculer les vecteurs des inverses des ratios de Mills comme suit :

$$rm^1 = \frac{\phi(\theta' \eta_u)}{\Phi(\theta' \eta_u)}, \text{ pour les exploitations cotonnières à traction animale ;} \quad (36)$$

$$rm^0 = \frac{\phi(\theta' \eta_u)}{1 - \Phi(\theta' \eta_u)}, \text{ pour les exploitations cotonnières à traction manuelle.} \quad (37)$$

Dans le cas d'un modèle de partition endogène, les deux systèmes de frontière de production stochastique avec effets d'inefficacité technique sont estimés indépendamment comme suit :

$$\ln y_{it}^{TA} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_{jit}^{TA} + \alpha_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_{jit}^{TA} \ln x_{kit}^{TA} + \sum_{j=1}^n \alpha_{jt} \ln x_{jit}^{TA} t + \psi rm_{it}^{TA} - u_{it}^{TA} + v_{it}^{TA} \quad (38)$$

$$u_{it}^{TA} = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln z_{jit}^{TA} + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \beta_{jk} \ln z_{jit}^{TA} \ln z_{kit}^{TA} + \sum_{j=1}^n \beta_{jt} \ln z_{jit}^{TA} t + \varphi rm_{it}^{TA} + w_{it}^{TA} \quad (39)$$

où  $rm$  représente les inverses des ratios de Mills,  $\psi$  et  $\varphi$  les paramètres associés aux inverses des ratios de Mills.

L'exécution de ce modèle nécessite la définition des variables pertinentes susceptibles de représenter le niveau de production, les facteurs de production et les caractéristiques socioéconomiques et institutionnelles.

### II.2.3 Spécification des variables pertinentes

La théorie économique du producteur et les conclusions d'études antérieures sur l'efficacité technique permettent d'identifier les facteurs de production, les variables socioéconomiques et institutionnelles susceptibles d'expliquer le niveau de production des exploitations cotonnières. Cette section montre la méthode de mesure des différentes variables dépendantes et indépendantes du modèle économétrique (annexe 11).

#### a) Les variables dépendantes

Dans cette étude, le modèle des exploitations cotonnières a trois variables dépendantes, une pour le modèle d'adoption de la traction animale, et deux pour le modèle de frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés :

##### (i) Le choix de la technologie de production ( $TA^*$ )

La variable dépendante du modèle d'adoption de la traction animale ( $TA^*$ ) est une variable latente non observée qui traduit l'opportunité d'une exploitation cotonnière à adopter la traction animale ou la traction manuelle. La variable observée  $TA$  prend la valeur 1 si  $TA^* > 0$  (adoption de la traction animale) c'est-à-dire que l'exploitation cotonnière adopte la traction animale si ses gains espérés sont positifs. Par contre, la variable observée  $TA$  prend la valeur 0 si  $TA^* \leq 0$  (adoption de la traction manuelle) c'est-à-dire que l'exploitation cotonnière adopte la traction manuelle si ses gains espérés de l'adoption de la traction animale sont négatifs. La variable dépendante prend la valeur 1 pour les exploitations à traction animale et 0 pour les exploitations à traction manuelle.

##### (ii) La quantité produite de coton ( $q_{cot}$ )

La variable dépendante représentant la production de l'exploitation cotonnière est le niveau de la production. Le niveau de la production est mesuré comme la quantité totale de coton en kilogramme récoltée sur toutes les parcelles d'une exploitation cotonnière au cours d'une campagne agricole.

(iii) L'inefficacité technique ( $u$ )

La question de la mesure de l'inefficacité technique ou de l'efficacité technique a fait l'objet de nombreuses discussions, mais aujourd'hui, celle issue de la frontière de production est la plus couramment utilisée (Sadoulet et de Janvry, 1995). Le niveau d'efficacité technique ou d'inefficacité technique est généré automatiquement lors de l'estimation de la frontière de production. La variable dépendante représentant l'inefficacité technique ( $u$ ) des exploitations cotonnières est une variable aléatoire non observée qui correspond à l'écart entre le niveau efficace de production et le niveau effectif de production avec les mêmes facteurs.

**b) Les variables indépendantes**

Les variables explicatives de la production cotonnière comprennent les facteurs de production, les variables socioéconomiques et institutionnelles et le temps.

(i) Les facteurs de production

La création de richesses est obtenue à partir de facteurs de production dont les mieux identifiés dans la théorie économique sont le travail, le capital et la terre. Cependant, dans un système agricole à faible intensité de capital, la production dépend pour une large part de la superficie cultivée et de la quantité de travail, mais aussi de la fumure organique, des engrais chimiques et des traitements chimiques dans les cultures de rentes.

➤ *La terre (Ter)*

La terre est mesurée par le nombre d'hectares de coton emblavés sur les différentes parcelles (superficie) de l'exploitation au cours d'une campagne agricole. C'est un facteur quasi fixe puisque les possibilités d'extension des superficies sont limitées. Un effet positif sur la production cotonnière est attendu de la terre.

➤ *Le travail (Tra)*

Le travail est la quantité totale d'homme-jour de main-d'oeuvre familiale et de main d'oeuvre louée utilisée dans les différentes opérations culturales de l'exploitation cotonnière au cours d'une campagne agricole. C'est un facteur variable puisque sa quantité peut être ajustée durant toute la période de production. Théoriquement, on s'attend à un effet positif sur la production cotonnière.

➤ *La fumure organique (Fum)*

La fumure organique est mesurée par le nombre de charrettes de fumier et de compost collectés et appliqués sur les parcelles cotonnières durant la campagne agricole. C'est donc un facteur quasi fixe car l'essentielle de sa quantité est déterminée par la fumure accumulée par l'exploitation avant la saison culturale. On s'attend à ce qu'elle ait un effet positif sur la production de coton.

➤ *Les engrais chimiques (Eng)*

Les engrais chimiques sont mesurés par les quantités de NPK et d'urée en kilogrammes appliquées sur l'exploitation cotonnière au cours de la campagne agricole. Les engrais chimiques sont considérés comme des facteurs quasi fixes car leurs quantités sont préalablement déterminées par le plan de crédit, selon les besoins des producteurs de coton et livrés par les sociétés cotonnières avant le début des opérations culturales. Un effet positif sur la production de coton est attendu de leurs applications sur les exploitations cotonnières.

➤ *Les traitements chimiques (Tch)*

Les traitements chimiques sont mesurés par le nombre de litres d'insecticide et d'herbicide appliqués sur l'exploitation cotonnière au cours d'une campagne agricole. Tout comme les engrais chimiques, ils sont considérés comme des facteurs quasi fixes puisque leurs quantités sont préalablement déterminées par le plan de crédit des producteurs. Un effet positif sur la production cotonnière est attendu de leurs utilisations sur les exploitations cotonnières.

## (ii) Les facteurs socioéconomiques et institutionnels

Les facteurs socioéconomiques et institutionnels ne sont pas des facteurs de production, mais ils peuvent jouer sur le niveau de production à travers leurs effets sur la qualité des facteurs, la prise de décision et la structure de production. Ces facteurs peuvent créer la différence de comportement et d'efficacité entre les exploitations cotonnières. Ils captent tous les déterminants autres que les facteurs de production qui sont susceptibles d'expliquer les niveaux de production.

### ➤ *Le nombre d'actifs (actifs)*

Le nombre d'actifs de l'exploitation cotonnière représente l'effectif de la main-d'œuvre familiale. La traction animale étant une technologie dont la maîtrise exige deux à trois actifs, le nombre d'actifs devrait jouer positivement sur la probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale. Cependant, l'effet attendu du nombre d'actifs sur l'efficacité technique des exploitations cotonnières est ambiguë. Dans une exploitation traditionnelle, le nombre d'actifs peut traduire la capacité du chef d'exploitation à bien organiser, maîtriser les conflits internes et à gérer efficacement la production cotonnière. On s'attend à ce que cette variable influence négativement l'efficacité technique.

### ➤ *L'âge du chef d'exploitation (age\_c)*

Le chef d'exploitation étant le principal responsable de la prise de décisions, son âge pourrait avoir un impact négatif sur la probabilité qu'une exploitation cotonnière traditionnelle adopte la traction animale. Cependant, cette relation pourrait être ambiguë si les chefs d'exploitation disposent suffisamment de ressources financières ou d'expérience favorisant le recours à la traction animale.

### ➤ *L'âge des actifs (age\_a)*

L'âge des actifs est représenté par l'âge moyen des actifs de l'exploitation. Cette variable est un indicateur du dynamisme, de la réceptivité aux innovations technologiques et de la capacité productive d'une exploitation cotonnière. L'effet

attendu est donc une diminution de l'efficacité technique avec l'âge. Cependant, cette relation peut être ambiguë dans la mesure où l'âge des actifs d'une exploitation cotonnière peut traduire l'expérience ou l'apprentissage par la pratique.

➤ *Le niveau d'éducation du chef d'exploitation (educ\_c)*

Le niveau d'éducation est une variable binaire qui est mesurée par le fait que le chef d'exploitation sait lire et écrire dans une langue quelconque. Les personnes ayant reçues une éducation formelle en milieu rural sont considérées comme plus réceptives aux innovations technologiques. On s'attend donc à ce que le niveau d'éducation du chef d'exploitation ait un impact positif sur la probabilité d'adoption de la traction animale.

➤ *Le crédit agricole (credit)*

Le crédit agricole est mesuré par le montant des crédits destinés à l'agriculture au cours d'une campagne agricole dans une exploitation cotonnière. Le crédit agricole est un indicateur de capacité financière, aussi on s'attend à ce qu'il joue positivement sur la probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale. Le crédit agricole est également un indicateur de l'importance de l'appui institutionnel dont bénéficie une exploitation cotonnière. Le volume du crédit octroyé reflète l'excellence et le respect des arrangements institutionnels entre les acteurs de la filière coton. En général, plus l'environnement institutionnel est stable, plus le volume de crédit octroyé aux producteurs de coton est important.

La plupart des interventions institutionnelles dans la production cotonnière se matérialise sous forme de crédits aux exploitations cotonnières ou sont des mesures d'accompagnement pour assurer le remboursement. Les bénéficiaires de crédits sont généralement mieux encadrés en matière de vulgarisation technologique. Le volume du crédit agricole peut donc renseigner sur le fonctionnement des arrangements institutionnels dans la production cotonnière. Un

effet positif est donc attendu des crédits sur l'efficacité technique de la production cotonnière.

➤ *Le nombre de parcelles (parc)*

Une des caractéristiques majeures des exploitations artisanales, est l'exploitation de plusieurs petites parcelles. Cette pratique favorise la dispersion des efforts, une application insuffisante des engrais chimiques et organiques, et en plus, elle ne permet pas de bénéficier des économies d'échelle. La production sur plusieurs parcelles de petites tailles est le résultat d'une déficience du cadre institutionnel règlementant la tenure foncière. Nous nous attendons à ce que le nombre de parcelles exploitées joue très négativement sur l'efficacité technique des exploitations cotonnières.

(iii) Le temps (t)

Le temps apparaît comme un argument explicite de la fonction de production et de la fonction d'inefficacité technique. Cette approche permet de capter le rôle du progrès technique et du taux de croissance de l'efficacité technique sur les gains de productivité totale des facteurs. C'est donc dire que les facteurs de production et les facteurs socioéconomiques et institutionnels ne suffisent pas à expliquer les niveaux de production des exploitations cotonnières. Le temps est représenté par l'année d'étude, l'année de base étant la première année de la période de cette étude c'est-à-dire 2001.

Ces différentes variables permettent de définir le modèle empirique des exploitations cotonnières et d'estimer de manière appropriée le modèle économétrique par la méthode du maximum de vraisemblance.

## II.3 Méthode d'estimation des paramètres du modèle économétrique

Conformément à la procédure de la méthode en deux étapes de Heckman (1979), nous allons d'abord exposer la méthode d'estimation du modèle probit qui servira à déterminer les inverses des ratios de Mills. Ensuite nous traiterons de la procédure d'estimation de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique.

### II.3.1 Dérivation des inverses des ratios de Mills

Heckman (1979) propose une méthode en deux étapes pour estimer les modèles de partition endogène. La méthode consiste dans cette étude, à utiliser un modèle probit pour spécifier l'adoption de la traction animale par les exploitations cotonnières dans la première étape. La probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale est définie par :

$$prob(TA = 1) = prob(TA_{it}^* > 0) \text{ c'est-à-dire } prob(TA = 1) = prob(-\omega_{it} > -\theta' \eta_{it}) \quad (40)$$

En supposant que  $\omega_{it}$  suit une distribution normale centrée réduite, nous pouvons écrire que:  $Pr ob(TA = 1) = prob(\omega_{it} < \theta' \eta_{it}) = F(\theta' \eta_{it})$  (41)

où  $F(\cdot)$  est la fonction de répartition de  $\omega_{it}$

$$F(\theta' \eta_{it}) = \int_{-\infty}^{\theta' \eta_{it}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} t^2\right) dt = \int_{-\infty}^{\theta' \eta_{it}} \phi(t) dt = \Phi(\theta' \eta_{it}) \quad (42)$$

où  $\phi$  et  $\Phi$  sont respectivement la densité et la distribution cumulée de la variable normale standard estimée au point  $\theta' \eta_{it}$ .

Les paramètres de l'équation d'affectation sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance ;

$$Pr ob(TA = 1) = \int_{-\infty}^{\theta' \eta_{it}} \phi(t) dt = \Phi(\theta' \eta_{it}) \quad (43)$$

Le logarithme de la fonction de vraisemblance est défini par :

$$\ln L(\theta) = \sum_{TA=1} \ln \Phi(\theta' \eta_{it}) + \sum_{TA=0} \ln [1 - \Phi(\theta' \eta_{it})] \quad (44)$$

Finalement, on maximise le logarithme de la fonction de vraisemblance par rapport aux paramètres inconnus. Les inverses des ratios de Mills qui seront calculés à partir des paramètres estimés du modèle probit sont définis par :

$$rm^1 = \frac{-\phi(\theta' \eta_{it})}{\Phi(\theta' \eta_{it})}, \text{ pour les exploitations cotonnières à traction animale ;} \quad (45)$$

$$rm^0 = \frac{\phi(\theta' \eta_{it})}{1 - \Phi(\theta' \eta_{it})}, \text{ pour les exploitations cotonnières à traction manuelle.} \quad (46)$$

L'introduction des inverses des ratios de Mills comme arguments dans la frontière de production avec effets d'inefficacité technique garantit à l'erreur de chaque catégorie d'exploitation cotonnière une espérance nulle.

### II.3.2 Frontière de production et méthode du maximum de vraisemblance

La méthode du maximum de vraisemblance est une technique qui, sous l'hypothèse que les variables ont une distribution connue, permet d'estimer les paramètres d'un modèle (d'une équation ou d'un système, linéaire ou non linéaire), avec des restrictions ou non sur les paramètres (coefficients, matrice de variances et covariances). Plus spécifiquement, elle consiste à construire une fonction appelée fonction de vraisemblance (construite à partir de la fonction de densité) et à maximiser son logarithme par rapport aux paramètres inconnus. Les hypothèses postulées sur les lois de distribution des termes d'erreur du modèle de frontière de production avec effets d'inefficacité technique permettent d'estimer le modèle par la méthode de maximum de vraisemblance dans le cadre d'une partition endogène de l'échantillon.

Les deux systèmes de frontière de production stochastique à effets d'inefficacité technique incorporés sont estimés indépendamment pour chaque type

d'exploitations cotonnières. L'utilisation de la méthode du maximum de vraisemblance pour estimer la frontière de production avec effets d'inefficacité technique a été développée par Battese et Coelli (1988). Pour une raison de commodité dans la présentation de la méthode du maximum de vraisemblance, les indices  $i$  et  $t$ , et l'exposant  $TA$  sont souvent omis dans le raisonnement.

Sous l'hypothèse que les erreurs aléatoires  $v_{it}^{TA}$  suivent une loi de distribution normale de moyenne 0 et de variance  $\sigma_v^2$ , la fonction densité de  $v$  est définie par :

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left\{-\frac{1}{2} \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right\}, \quad v \in \mathbb{R}; \quad (47)$$

Sous l'hypothèse que les erreurs aléatoires associées à l'inefficacité technique  $u_{it}^{TA}$  suivent une loi de distribution normale de moyenne  $m$ , de variance  $\sigma_u^2$  et tronquée à zéro, la fonction densité associée à  $u$  est définie par :

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u \Phi(m/\sigma_u)} \exp\left\{-\frac{(u-m)^2}{2\sigma_u^2}\right\}, \quad u \geq 0, \quad (48)$$

où  $\Phi(\cdot)$  représente la fonction de distribution normale standard cumulée des variables aléatoires. Les erreurs aléatoires  $u$  et  $v$  étant supposées indépendantes dans les hypothèses du modèle, la fonction densité jointe à  $u$  et  $v$  est le produit des fonctions densités de  $u$  et de  $v$ . Ainsi,

$$f(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v\Phi(m/\sigma_u)} \exp\left\{-\frac{(u-m)^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (49)$$

A partir de la fonction densité jointe de  $u$  et  $v$ , nous pouvons écrire la fonction densité jointe de  $u$  et  $v-u$ . La fonction densité jointe de  $u$  et  $v-u$  est donnée par :

$$f(u, v-u) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v\Phi(m/\sigma_u)} \exp\left\{-\frac{(u-m)^2}{2\sigma_u^2} - \frac{[(v-u)+u]^2}{2\sigma_v^2}\right\}, \quad (50)$$

La densité marginale de  $v-u$  est définie par,  $f(v-u) = \int_0^{+\infty} f(u, v-u) du$

$$f(v-u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\Phi(m/\sigma_u)} \Phi\left[\frac{m}{\sigma\lambda} - \frac{(v-u)\lambda}{\sigma}\right] \exp\left\{-\frac{[(v-u)+m]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (51)$$

Où  $\sigma = (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)^{1/2}$  et  $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ ,

Posons  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$  et  $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$

La densité marginale de  $v-u$  devient,

$$f(v-u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\Phi\left[m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right]} \Phi\left[\frac{m}{\sigma}\sqrt{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - \frac{(v-u)}{\sigma}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}\right] \exp\left\{-\frac{[(v-u)+m]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (52)$$

$v-u$  est asymptotiquement distribuée avec une moyenne et une variance définies comme suit :

$$E(v-u) = -E(u) = -\frac{m\left[\Phi\left(m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right)\right]^{-1}}{2} - \frac{\sigma\sqrt{\gamma}\left[\Phi\left(m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right)\right]^{-1}}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{m}{\sigma\sqrt{\gamma}}\right)^2\right\}, \quad (53)$$

$$V(v-u) = m^2 \frac{\left[\Phi\left(m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right)\right]^{-1}}{2} \left[1 - \frac{\left[\Phi\left(m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right)\right]^{-1}}{2}\right] + \frac{\left[\Phi\left(m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right)\right]^{-1}}{2} \left[\frac{\pi - \left[\Phi\left(m/(\sigma\sqrt{\gamma})\right)\right]^{-1}}{\pi}\right] \gamma\sigma^2 + \sigma^2(1-\gamma) \quad (54)$$

La fonction de densité conditionnelle de  $u$  sachant  $v-u$  est donnée par,

$$f(u/v-u) = \frac{f(u, v-u)}{f(v-u)}, \quad \text{c'est-à-dire}$$

$$f(u/v-u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_*} [1 - \Phi(-\tilde{m}/\sigma_*)]} \exp\left\{-\frac{(u-\tilde{m})^2}{2\sigma_*^2}\right\} \quad (55)$$

$f(u/v-u)$  est distribuée comme une loi normale de moyenne  $\tilde{m}_i$  et de variance  $\sigma_*^2$  ( $N(\tilde{m}_i, \sigma_*^2)$ ),

$$\text{où } \tilde{m}_i = [-\gamma\sigma^2(v-u)_i + m\sigma^2(1-\gamma)]/\sigma^2 \text{ et } \sigma_*^2 = \gamma\sigma^2(1-\gamma)$$

Il est important de remarquer qu'il est impossible de dissocier dans l'erreur composée la partie purement aléatoire  $v$  de l'inefficacité technique  $u$ . Jondrow et al. (1982) ont suggéré l'utilisation de la moyenne conditionnelle de  $u_i$  sachant  $(v-u)_i$  pour estimer le niveau d'efficacité technique des unités de production. La moyenne conditionnelle de  $u_i$  sachant  $(v-u)_i$  est définie par :

$$E(u_i/(v-u)_i) = \sigma_* \left[ \frac{\tilde{m}_i}{\sigma_*} + \frac{\phi(\tilde{m}_i/\sigma_*)}{1 - \Phi(-\tilde{m}_i/\sigma_*)} \right]; \quad (56)$$

où  $\phi$  est la fonction densité de la loi normale standard.

En fait, le degré d'efficacité technique est obtenu en divisant la production effective par la production correspondante sur la frontière. Dans notre modèle, l'efficacité technique est obtenue directement par la moyenne conditionnelle de  $\exp(-u_{it})$ . Battese et Coelli (1988) ont montré que l'utilisation de  $\exp(-u_{it})$  permet d'obtenir un meilleur prédicateur de l'efficacité technique. Ce qui permet d'estimer le niveau d'efficacité technique de chaque exploitation cotonnière  $i$  au temps  $t$  par l'espérance conditionnelle,

$$Etech(u_{it}) = E(\exp\{-u_{it}\}/(v-u)_{it}), \quad \text{c'est-à-dire}$$

$$Etech(u_{it}) = \frac{1 - \Phi\left[\frac{\sigma_* - (\tilde{m}_{it}/\sigma_*)}{\sigma_*}\right]}{1 - \Phi\left(-\frac{\tilde{m}_{it}}{\sigma_*}\right)} \exp\left\{-\tilde{m}_{it} + \frac{1}{2}\sigma_*^2\right\} \quad (57)$$

La loi de distribution de la production de coton d'une exploitation cotonnière  $i$  au temps  $t$ ,  $y_{it}$  est déterminée par la distribution de  $v-u$ . De ce fait, pour écrire la fonction densité de  $y_{it}$ , il faut se référer à la fonction densité de  $v-u$ . La fonction densité de  $y_{it}$  est définie par :

$$f(y_{it}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\Phi\left(\frac{m}{\sigma\sqrt{\gamma}}\right)} \Phi\left[\frac{m}{\sigma}\sqrt{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - \frac{(v-u)}{\sigma}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}\right] \exp\left\{-\frac{[(v-u)+m]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (58)$$

avec

$$v-u = \ln y_{it}^{TA} - \alpha_0 - \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_{jit}^{TA} - \alpha_t t - \frac{1}{2}\alpha_{it} t^2 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_{jit}^{TA} \ln x_{kit}^{TA} - \sum_{j=1}^n \alpha_{jt} \ln x_{jit}^{TA} t - \psi r m_{it}^{TA}$$

Supposons que l'exploitation cotonnière  $i$  soit observée pendant  $T_i$  périodes, où  $1 \leq T_i \leq T$  et  $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT_i})$  est le vecteur des niveaux de production. La fonction de vraisemblance de  $y_{it}$  définie comme la fonction de densité conjointe des  $i$  exploitations cotonnières pendant  $T_i$  périodes est définie par :

$$L(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT_i}, \alpha, \beta, \sigma^2, \gamma) \quad (59)$$

Comme  $u$  et  $v$  sont deux variables aléatoires indépendantes, les variables aléatoires  $v-u$  sont également indépendantes. De ce fait, la fonction de vraisemblance de  $y_{it}$  est calculée comme le produit des fonctions de densité des observations individuelles. On a donc :

$$L(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT_i}, \alpha, \beta, \sigma^2, \gamma) = \prod_{i=1}^n f(y_{it}, \alpha, \beta, \sigma^2, \gamma) \quad (60)$$

La fonction de vraisemblance devient alors :

$$L(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT_i}, \alpha, \beta, \sigma^2, \gamma) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\Phi(m/(\sigma\sqrt{\gamma}))} \Phi\left[\frac{m}{\sigma}\sqrt{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - \frac{(v-u)}{\sigma}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}\right] \exp\left\{-\frac{[(v-u)+m]^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad \text{avec}$$

$$v-u = \ln y_{ii}^{TA} - \alpha_0 - \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln x_{ji}^{TA} - \alpha_t t - \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \alpha_{jk} \ln x_{ji}^{TA} \ln x_{ki}^{TA} - \sum_{j=1}^n \alpha_{ji} \ln x_{ji}^{TA} t - \psi r m_{ii}^{TA}$$

Pour faciliter la solution du problème de maximisation, on calcule souvent le logarithme de la fonction de vraisemblance. Les résultats de la maximisation de la fonction de vraisemblance exprimés ou non en logarithmes sont identiques.

$$\ln L(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT_i}, \alpha, \beta, \sigma^2, \gamma) = \ln \left\{ \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\Phi(m/(\sigma\sqrt{\gamma}))} \Phi\left[\frac{m}{\sigma}\sqrt{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - \frac{(v-u)}{\sigma}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}\right] \exp\left\{-\frac{[(v-u)+m]^2}{2\sigma^2}\right\} \right\} \quad (61)$$

Finalement, on maximise le logarithme de la fonction de vraisemblance par rapport aux paramètres inconnus.

$$\max_{\alpha, \beta, \sigma^2, \gamma} \ln \left\{ \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\Phi(m/(\sigma\sqrt{\gamma}))} \Phi\left[\frac{m}{\sigma}\sqrt{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - \frac{(v-u)}{\sigma}\sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}\right] \exp\left\{-\frac{[(v-u)+m]^2}{2\sigma^2}\right\} \right\}$$

où les vecteurs  $\alpha$  et  $\beta$ , les scalaires  $\gamma$  et  $\sigma^2$ , sont des paramètres à estimer.

Dans ce problème, les estimateurs peuvent être facilement obtenus à partir de la résolution du système. Mais, très souvent, on obtient un système d'équations difficile à résoudre, raison pour laquelle on fait appel à des méthodes numériques, basées sur l'utilisation intensive de l'ordinateur (méthodes itératives). Le problème avec cette méthode est qu'on ne peut pas savoir si les estimations maximisent localement ou globalement la fonction de vraisemblance et par conséquent, le choix des valeurs initiales pour les paramètres du modèle est important.

### **II.3.3 Logiciels et procédures d'estimation**

Les logiciels Eviews et Frontier 4.1 (Coelli, 1996) seront utilisés pour l'estimation de ce modèle économétrique. Dans la première étape, le logiciel Eviews est utilisé pour estimer le modèle probit et les inverses des ratios de Mills. Dans la seconde étape, le programme Frontier version 4.1 est utilisé pour estimer simultanément la frontière de production et les effets d'inefficacité technique pour chaque catégorie d'exploitations cotonnières. Cette phase comporte trois sous-étapes ; les paramètres  $\alpha$  sont d'abord estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires (excepté la constante  $\alpha_0$ ). Ces estimations permettent ensuite de déterminer  $\gamma$  par un processus de balayage,  $\alpha_0$  et  $\sigma^2$  étant ajustés par la formule des moindres carrés ordinaires (Coelli, 1994). Les paramètres du vecteur  $\beta$  prennent des valeurs nulles dans cette étape. Les valeurs sélectionnées dans la seconde étape sont utilisées comme valeurs initiales dans un processus itératif utilisant la méthode de Davidon-Fletcher-Powell, pour obtenir les estimations finales du maximum de vraisemblance et finalement les scores d'efficacité technique. Oberhofer et Kmenta (1974) ont montré que la matrice de covariance asymptotique des erreurs résultant de cette procédure est sphérique. Leurs résultats montrent que dans le cas d'un modèle linéaire, la matrice de covariance asymptotique des erreurs est identique à celle des moindres carrés généralisés.

### **II.4 L'évaluation de la qualité du modèle économétrique**

Avant d'utiliser les résultats des régressions à des fins de recommandations ou de prédictions économiques, il est nécessaire de vérifier la consistance de l'ajustement et le pouvoir explicatif du modèle. Pour cela nous proposons des méthodes pour tester la robustesse de la spécification du modèle, établir la force et la significativité des liaisons entre les variables à expliquer et les variables explicatives et enfin apprécier la contribution de chaque variable à l'explication de la variation des variables endogènes. Un autre niveau d'appréciation concerne l'apport des résultats à la compréhension du problème étudié.

## II.4.1 Tests de spécification du modèle

Dans cette section nous proposons des tests pour apprécier l'opportunité du choix de la frontière stochastique de production au lieu de la frontière déterministe de production, la partition endogène de l'échantillon selon la traction animale et de la frontière stochastique de production avec effets d'inefficacité technique.

### (i) Nature de la frontière de production et test de présence d'inefficacité technique

La littérature sur les frontières de production a montré que la frontière peut être déterministe ou stochastique. Une manière simple de tester la nature de la frontière de production est d'effectuer le test de Student suivant :

$H_0 : \gamma = 1$ , la frontière de production est déterministe

$H_1 : \gamma < 1$ , où  $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$

La statistique de Student calculée est  $t = \frac{\hat{\gamma} - 1}{S_{\hat{\gamma}}}$ , où  $S_{\hat{\gamma}}$  est l'erreur type de  $\hat{\gamma}$ .

L'hypothèse  $H_0$  est rejetée si la valeur du  $t$  calculée est supérieure à la statistique de Student lue sur la table ( $t_c > t_{\alpha}(n-k)$ );  $n-k$  est le nombre de degrés de liberté,  $n$  le nombre d'observations et  $k$  le nombre de paramètres estimés.

Un test de Student peut également être utilisé pour tester la présence d'inefficacité technique :

$H_0 : \gamma = 0$ , absence d'inefficacité technique

$H_1 : \gamma \neq 0$ , où  $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$

La statistique de Student calculée est  $t = \frac{\hat{\gamma}}{S_{\hat{\gamma}}}$ , où  $S_{\hat{\gamma}}$  est l'erreur type de  $\hat{\gamma}$ .

L'hypothèse  $H_0$  est rejetée si la valeur du  $t$  calculée est supérieure à la statistique de Student lue sur la table ( $t_c > t_\alpha(n-k)$ ) ;  $n-k$  est le nombre de degrés de liberté,  $n$  le nombre d'observations et  $k$  le nombre de paramètres estimés.

(ii) Test sur la partition endogène de l'échantillon

Une manière simple de vérifier la partition endogène de l'échantillon en exploitations cotonnières à traction animale et en exploitations cotonnières à traction manuelle est d'effectuer le test de Student suivants :

$H_0 : \psi = 0$ , la partition endogène n'est pas adéquate

$H_1 : \psi \neq 0$

La statistique de Student calculée est  $t = \frac{\hat{\psi}}{S_{\hat{\psi}}}$  où  $S_{\hat{\psi}}$  est l'erreur type de  $\hat{\psi}$ .

L'hypothèse  $H_0$  est rejetée si la valeur absolue du  $t$  calculée est supérieure à la statistique de Student lue sur la table ( $|t_c| > t_\alpha(n-k)$ ) ; où  $n-k$  est le nombre de degrés de liberté,  $n$  le nombre d'observations et  $k$  le nombre de paramètres estimés. Le même test est effectué sur les paramètres  $\varphi$ .

(iii) Tests sur la forme fonctionnelle

Le test sur la forme fonctionnelle permet d'apprécier la spécification translogarithmique de la technologie de production des exploitations cotonnières. Le ratio de vraisemblance ( $LR$ ) permet d'effectuer ce test. On teste les hypothèses suivantes :

$H_0 : \alpha_{ii} = \alpha_{jk} = \alpha_{ji} = \beta_{ii} = \beta_{jk} = \beta_{ji} = 0$ , la forme fonctionnelle Cobb-Douglas est adéquate pour représenter la frontière de production et la fonction d'inefficacité technique.

$H_1 : nonH_0$

La statistique calculée du ratio de vraisemblance pour tester ces hypothèses est définie comme suit :  $LR = -2(\log l_0 - \log l_1)$ ,

où  $\log l_0$  et  $\log l_1$  représentent respectivement les logarithmes de la vraisemblance des modèles estimés sous l'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative.

Le ratio de vraisemblance ( $LR$ ) suit une loi de Khi-Deux avec un nombre de degré de liberté égal au nombre de restrictions. L'hypothèse  $H_0$  est rejetée si la valeur du ratio de vraisemblance ( $LR$ ) est supérieure à la statistique du Khi-Deux lue sur la table.

#### II.4.2 Appréciation de la capacité explicative du modèle

Un bon ajustement n'est pas une démonstration de causalité. L'analyse de la capacité explicative du modèle concerne l'apport des résultats à la compréhension du problème étudié. Pour juger de la consistance du pouvoir explicatif du modèle, nous proposons des tests de causalité entre les variables explicatives et les variables dépendantes du modèle.

##### (i) Indice du ratio de vraisemblance et table de prédiction

La contribution des variables indépendantes à l'explication des variables dépendantes du modèle est appréciée par la table de prédiction et l'indice du ratio de vraisemblance ( $LRI$ ) pour le modèle d'adoption de la traction animale, et seulement par l'indice du ratio de vraisemblance ( $LRI$ ) pour la frontière de production à effets d'inefficacité technique incorporés.

La table de prédiction permet d'évaluer la proportion de prédictions correctes dans le choix de la traction animale. La prédiction est jugée bonne lorsque la proportion de prédictions correctes dépasse les 50%.

Le  $LRI$  permet de mesurer la proportion de la variation de la variable dépendante qui est expliquée par la variation des variables explicatives. Il est obtenu par la formule suivante :  $LRI = 1 - \log L / \log L_0$ ,

où  $\log L$  désigne la valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance incluant toutes les variables explicatives, et  $\log L_0$  désigne la valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance n'incluant que le terme constant. L'adéquation est bonne lorsque le  $LRI$  tend vers 1, et mauvaise lorsque le  $LRI$  tend vers 0.

(ii) Tests sur l'ensemble des coefficients

Les tests sur l'ensemble des coefficients permettent d'apprécier la capacité des variables indépendantes, à expliquer les variables dépendantes. On teste les hypothèses que tous les coefficients de régression sont nuls, sauf les constantes :

➤ *Test sur les facteurs d'adoption de la traction animale*

$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 0$ , les facteurs socioéconomiques n'ont pas d'effet sur le choix de la traction animale

$H_1 : nonH_0$ ,

où  $\theta$  un vecteur des coefficients du modèle probit

➤ *Test sur les facteurs de production*

$H_0 : \alpha_j = \alpha_l = \alpha_u = \alpha_{jk} = \alpha_{jl} = 0$ , les facteurs de production n'ont pas d'effet sur la production cotonnière

$H_1 : nonH_0$

➤ *Test sur les facteurs de l'inefficacité technique*

$H_0 : \beta_j = \beta_l = \beta_u = \beta_{jk} = \beta_{jl} = 0$ , les facteurs socioéconomiques et institutionnels n'ont pas d'effet sur l'inefficacité technique

$H_1 : nonH_0$

Le ratio de vraisemblance ( $LR$ ) permet d'effectuer ces tests. Le ratio de vraisemblance ( $LR$ ) suit une loi de Khi-Deux avec un nombre de degré égal au

nombre de restrictions. L'hypothèse  $H_0$  est rejetée si la valeur du ratio de vraisemblance ( $LR$ ) est supérieure à la statistique du Khi-Deux lue sur la table.

#### II.4.3 Tests de signification individuels des coefficients

Le test de Student sera utilisé pour apprécier la signification individuelle des coefficients du modèle. Les hypothèses nulles de non-signification individuelle des coefficients de l'adoption technologique ( $H_0 : \theta_j = 0, j = 1, 2, 3, 4$ ), de la frontière de production ( $H_0 : \alpha_j = 0$  ou  $\alpha_t = 0$  ou  $\alpha_{jk} = 0$  ou  $\alpha_{jt} = 0$  ou  $\alpha_{tt} = 0 \quad j, k = 1, 2, 3, 4, 5$ ) et de la fonction d'inefficacité technique

( $H_0 : \beta_j = 0$  ou  $\beta_t = 0$  ou  $\beta_{jk} = 0$  ou  $\beta_{jt} = 0$  ou  $\beta_{tt} = 0 \quad j, k = 1, 2, 3, 4$ ) seront testées par la loi de Student respectivement contre les hypothèses alternatives ( $H_1 : nonH_0$ ). L'hypothèse  $H_0$  est rejetée si la valeur absolue du  $t$  calculée est supérieure à la statistique de Student lue sur la table ( $|t_c| > t_\alpha(n-k)$ ), où  $n-k$  est le nombre de degrés de liberté,  $n$  le nombre d'observations et  $k$  le nombre de paramètres estimés.

#### II.5 Conclusion

Ce chapitre a porté sur le modèle économétrique appliqué aux exploitations cotonnières, sa méthode d'estimation et les tests économétriques qui permettront de juger de la pertinence des résultats. Il ressort au plan théorique qu'une partition endogène de l'échantillon selon la technologie de production est pertinente pour l'analyse des exploitations cotonnières. Sous certaines hypothèses, cette étude propose d'utiliser la méthode du maximum de vraisemblance pour estimer les paramètres du modèle économétrique en deux étapes.

Dans la première étape, la méthode consiste à utiliser un modèle probit pour estimer le modèle d'adoption de la traction animale par les exploitations cotonnières et à générer les inverses des ratios de Mills. Dans la seconde étape, deux systèmes de frontière de production stochastique à effets d'inefficacité

technique incorporés sont estimés indépendamment pour les exploitations cotonnières à traction animale et les exploitations cotonnières à traction manuelle. De cette approche est dérivé un ensemble de tests pour confirmer ou infirmer la spécification économétrique ou le pouvoir explicatif du modèle des exploitations cotonnières. L'exécution de ces modèles nécessite la collecte de données statistiques sur les exploitations cotonnières.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## **Chapitre III : Méthode de collecte des données et analyse descriptive des exploitations cotonnières**

---

### **III.1 Introduction**

L'objectif de ce chapitre est de présenter la méthode de collecte des données et faire une analyse descriptive des performances des exploitations cotonnières et leur environnement institutionnel de production. La méthode de collecte de l'information sur les exploitations cotonnières décrit les procédures de choix de la zone d'étude, de l'échantillon d'étude et de traitement des données. Elle conditionne la qualité de la représentativité et la généralisation des résultats de l'échantillon d'exploitations cotonnières à l'échelle du Burkina Faso. Cette étape est également une partie très importante de cette étude car des données non maîtrisées et sans un traitement adéquat peuvent conduire à des résultats aberrants et compromettre tous les résultats de l'étude.

L'analyse de l'environnement productif permet d'identifier les facteurs socioéconomiques et institutionnels les plus pertinents pour appréhender le niveau de production des exploitations cotonnières. Il s'agit de caractériser l'environnement socioéconomique et institutionnel et mettre en évidence les capacités des exploitations cotonnières à transformer leurs structures de production en intégrant les progrès techniques et agronomiques. Cette analyse permet de voir si le cadre institutionnel est favorable au développement de la production cotonnière.

La suite du chapitre va faire dans un premier temps le point sur les techniques d'échantillonnage, de collecte et de traitement des données (III.2). La section suivante traite des performances des exploitations cotonnières en mettant en évidence d'une part l'évolution comparée de la production cotonnière, des rendements et des superficies, et d'autre part, le degré de mécanisation et le degré

d'adoption des inputs modernes (III.3). Enfin, la section III.4 présente le cadre institutionnel dans lequel se déroule la production cotonnière en montrant le rôle des groupements de producteurs de coton, des sociétés cotonnières, des services agricoles de l'Etat, des institutions financières et du cadre informel.

### **III.2 Techniques d'échantillonnage, de collecte et de traitement des données**

L'objectif de cette section est d'exposer les méthodes d'échantillonnage, de collecte et le traitement des données. Il s'agit dans cette étape, de savoir sélectionner l'information disponible, de savoir générer cette information si elle n'est pas immédiatement disponible, de savoir enregistrer et coder cette information. L'information pertinente nous est suggérée par les questions de recherche. Il s'agit de collecter l'information utile et pertinente, suffisante mais non excessive pour répondre à nos questions de recherche.

#### **III.2.1 La démarche de l'échantillonnage**

La démarche de l'échantillonnage présente les procédures de choix de la zone d'étude, des sites d'enquête et de constitution de l'échantillon d'exploitations cotonnières. L'objectif est d'obtenir un échantillon d'exploitations cotonnières représentatif de la population nationale des exploitations cotonnières.

##### **a) Le choix de la zone d'étude**

A l'exception des provinces sahéliennes, le coton est cultivé dans la quasi-totalité des provinces du territoire burkinabè. La production cotonnière au Burkina Faso est subdivisée en 9 régions cotonnières. Dans le cadre de la libéralisation de la filière coton, les régions cotonnières ont été regroupées depuis 2001 en trois zones cotonnières sous la responsabilité de trois sociétés cotonnières<sup>7</sup> (tableau III.1). La zone cotonnière constitue une entité où il serait potentiellement utile de pouvoir mener des analyses sur les exploitations cotonnières burkinabè.

---

<sup>7</sup> La zone cotonnière SOFITEX est gérée par la SOFITEX, la zone cotonnière du CENTRE par Faso Coton et la zone cotonnière de l'EST par la SOCOMA.

Tableau III.1 : Subdivision de la production cotonnière au Burkina Faso

Zones cotonnières	Régions cotonnières
SOFITEX	Banfora
	Bobo-Dioulasso
	Dédougou
	Diébougou
	Houndé
	Koudougou
	N'Dorola
CENTRE	Ouagadougou
EST	Fada

Source : SOFITEX

Il serait intéressant de pouvoir disposer de données au niveau de chacune des trois zones cotonnières du pays. L'intérêt scientifique d'une couverture statistique au niveau national se heurte à l'ampleur des contraintes financières et organisationnelles. Il faudrait couvrir toutes les régions cotonnières pour prétendre à une représentativité des zones cotonnières du Burkina Faso. Ceci conduirait à une importante charge budgétaire pour la réalisation de l'enquête. Mais compte tenu du fait que la zone cotonnière SOFITEX située au Sud-Ouest et à l'Ouest du Burkina Faso est la principale aire cotonnière, et représente presque l'essentiel de la production cotonnière avec près de 90% de la production totale du coton graine entre 2001 et 2004, nous allons centrer nos enquêtes dans cette zone (tableau III.2).

Tableau III.2 : Répartition et importance de la production de coton graine selon les zones cotonnières

Zones cotonnières	Production cotonnière en tonnes					
	2001	2002	2003	2004	2001-2004	Part (%)
SOFITEX	328190	346236	415590	465736	388938	86,36
EST	30624	38876	44394	44370	39566	8,79
CENTRE	19708	19307	23407	25048	21867,5	4,86
BURKINA	378522	404419	483390	535154	450371,5	100,00

Source : Calcul à partir des statistiques de la SOFITEX

La collecte des données de la présente thèse s'inscrit dans le cadre du projet JIRCAS/UO qui intervient dans la zone cotonnière SOFITEX depuis 1998. Ce

projet<sup>8</sup> nous a permis de bénéficier d'un appui financier et scientifique pour la réalisation de cette thèse. Les données de cette thèse ont été collectées sur la période de 2001 à 2004. A défaut d'avoir des données qui couvrent toutes les régions cotonnières, nous avons des données collectées au cours de quatre campagnes cotonnières de la zone SOFITEX. Les caractéristiques observées sur les mêmes exploitations agricoles pendant plusieurs années peuvent conférer une certaine stabilité et fiabilité aux paramètres des modèles qui seront estimés. La suite de la méthodologie s'intéresse aux choix des sites d'enquêtes et des exploitations agricoles.

#### **b) Le choix des provinces et des villages d'enquête**

Les données de base du projet JIRCAS/VO ont été obtenues au cours des campagnes agricoles de 1998 à 2005 par enquêtes, dans le cadre d'une étude sur la sécurité alimentaire et la gestion des ressources naturelles au Burkina Faso. Les données couvrent quatre zones agroclimatiques du pays présentant des caractéristiques différentes : la zone sahélienne, la zone soudano-sahélienne, la zone nord-guinéenne et la zone sud-guinéenne. Les deux dernières zones climatiques correspondent à la zone cotonnière couverte par la SOFITEX. C'est la zone par excellence de la production de coton au Burkina Faso. Dans cette zone cotonnière, le projet JIRCAS/VO intervient dans les provinces des Balé et de la Comoé.

Pour la réalisation de cette étude, nous avons retenu ces deux provinces, compte tenu de l'importance de la production cotonnière. Ces provinces sont situées dans deux régions cotonnières qui font partie des plus grandes productrices de coton au Burkina Faso. La province des Balé est localisée dans la région cotonnière de Houndé et la province de la Comoé dans la région cotonnière de Banfora.

---

<sup>8</sup> Le JIRCAS/VO est un projet de collecte de données sur la sécurité alimentaire et la gestion des ressources naturelles né d'une collaboration entre chercheurs japonais et burkinabè, le Dr. S. Takesshi du JIRCAS et le Pr. K. Savadogo de l'Université de Ouagadougou.

La région cotonnière de Houndé<sup>9</sup> fait partie du vieux bassin cotonnier. La culture de coton dans cette région est devenue presque légendaire, alors que dans la région cotonnière de Banfora la production cotonnière est beaucoup plus récente. Aujourd'hui, la région cotonnière de Banfora produit dix fois plus de coton qu'elle n'en faisait il y a une décennie.

Les provinces des Balé et de la Comoé présentent assez de disparités pour être représentatives des zones cotonnières du Burkina Faso. La province des Balé est une entité homogène qui possède pratiquement les mêmes caractéristiques que toutes les anciennes provinces, grandes productrices de coton. La province de la Comoé présente également presque les mêmes caractéristiques que les nouvelles provinces cotonnières des zones cotonnières de la SOFITEX, du Centre et de l'Est en pleine expansion dans la production cotonnière, à la principale différence que cette province est mieux arrosée.

Cependant, le cotonnier est une plante peu exigeante en eau ; dans les régions productrices de coton, la pluviométrie dépasse la barre de 500 mm de pluie, alors que le cotonnier n'exige qu'une pluviométrie de 500 à 700 mm par an (Sanfo, 1996). Le cotonnier se développe sans problème, pour une température comprise entre 15 et 40 degré, avec une pluviométrie régulière.

L'agriculture intégrée à l'élevage est l'activité économique dominante des provinces des Balé et de la Comoé. Ces provinces sont situées dans la région la mieux arrosée du Burkina Faso (900-1200 mm de pluie par an). L'agriculture est pluviale et le cycle agricole débute avec les premières pluies (mai, juin) et s'achève au moment de la récolte (décembre, janvier). Dans ces provinces, deux systèmes d'exploitation agricole coexistent et sont dominants. Un système d'exploitation intensif plus ou moins moderne utilisant la traction animale, beaucoup d'engrais

---

<sup>9</sup> Dans cette étude, la région cotonnière de Houndé regroupe les actuelles régions cotonnières de Houndé et de Diébougou (créée en Octobre 2004).

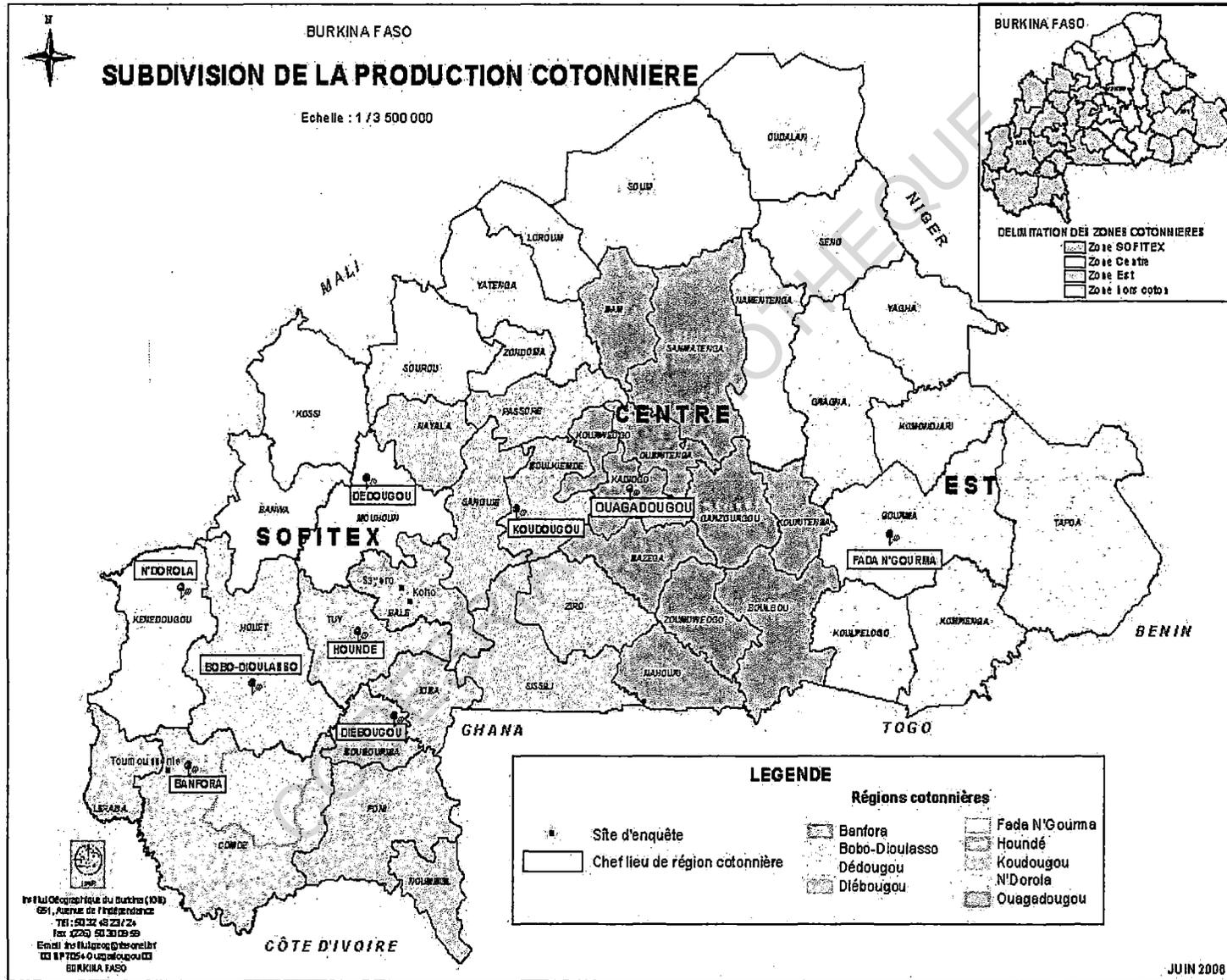
chimique et organique et un système d'exploitation extensif resté traditionnel utilisant la traction manuelle et peu d'engrais chimique et organique.

La province des Balé est située dans la zone nord-guinéenne et est caractérisée par des terres très fertiles, une agriculture développée et plus orientée vers le marché avec d'importantes superficies consacrées aux cultures de rente notamment le coton. La province de la Comoé est dans la zone sud-guinéenne et est caractérisée par des terres fertiles, une agriculture développée et orientée vers le marché avec d'importantes superficies réservées à la culture du riz. Cette province s'oriente ces dernières années de plus en plus dans la production du coton.

La production de coton est principalement une activité de la population rurale au Burkina Faso. De ce fait, le choix des sites d'enquête concerne aussi des entités rurales. Le village est l'unité spatiale de base la plus souvent utilisée au Burkina Faso (PNGT, 2003-2004; EPA, 2000-2005; ICRISAT, 1980-1985), le village rural a donc été utilisé comme base d'échantillonnage. La sélection des sites d'étude (villages) a été faite selon un choix raisonné sur la base du degré d'enclavement. Ainsi, les villages de Koho et de Sayéro ont été retenus dans la province des Balé. Le village de Koho est situé sur l'axe Wahabou-Bagassi à 4 km de la nationale 1 (route Ouaga-Bobo Dioulasso) et est facilement accessible. Tandis que le village de Sayéro, situé au Nord-Ouest, à 40 km du chef lieu de la province (Boromo) est plus difficile d'accès.

Dans la province de la Comoé, les villages de Toumoussénie et de Djongolo ont été retenus. Le village de Toumoussénie est situé à 17 km du côté Ouest du chef lieu de la province (Banfora) et est assez facile d'accès. Tandis que le village de Djongolo est situé à 15 km du côté Sud-Ouest du chef lieu de la province (Banfora). Ce village est difficile d'accès par rapport à Toumoussénie surtout en saison hivernale.

Graphique III.1 : Subdivision de la production cotonnière au Burkina Faso



Source : Institut Géographique du Burkina (IGB)

### **c) Choix de l'échantillon d'exploitations cotonnières**

L'exploitation agricole burkinabè est une exploitation de type familial où des paysans propriétaires indépendants possèdent des superficies, généralement modestes, dont la mise en valeur est essentiellement, voire exclusivement assurée par la main-d'œuvre familiale. L'exploitation agricole peut donc être définie comme une unité de production composée d'un ensemble d'individus, généralement unis par les liens de parenté, mettant en commun leurs moyens de production, partageant tout ou une partie de leur production agricole sous l'autorité d'un centre de décision, le chef d'exploitation.

Contrairement aux exploitations agricoles modernes, l'exploitation agricole familiale est d'une part organisée autour du ménage agricole et d'autre part, la production du ménage concerne plusieurs produits agricoles. Ce qui implique que la vie du ménage est difficilement dissociable de l'organisation de la production agricole. C'est la raison pour laquelle, le ménage agricole est souvent utilisé comme unité d'observation de l'exploitation agricole par excellence au Burkina Faso (PNGT, 2003-2004; EPA, 2000-2005; ICRISAT, 1980-1985). Dans cette étude, pour simplifier nos analyses, nous considérons que l'exploitation agricole se résume à l'exploitation cotonnière. Dans la suite de l'étude, nous utilisons donc la terminologie exploitation cotonnière pour désigner l'exploitation agricole, en raison de notre intérêt spécifique pour la production cotonnière.

La taille de l'échantillon de ménages agricoles proposée par le projet JIRCAS/UO est de 32 ménages par village, soit au total 128 ménages agricoles pour les provinces des Balé et de la Comoé. Dans chaque province, 2 villages ont été enquêtés, soit au total 4 villages. Le choix de l'échantillon d'enquête de 32 ménages dans chaque village a été réalisé par un sondage aléatoire stratifié. La possession de la traction animale en milieu rural est un facteur important de différenciation des conditions de production agricole. Au Burkina Faso, les exploitations cotonnières sont principalement classées en deux catégories, les

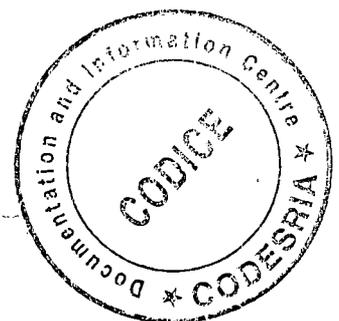
exploitations à traction manuelle qui utilisent la force humaine et les exploitations à traction animale qui utilisent la force animale.

Un recensement exhaustif des concessions et des ménages dans chaque village a été réalisé. Les résultats de ce recensement ont servi de base pour le choix de l'échantillon de ménages agricoles par village. La grille de recensement de chaque village a permis de stratifier les ménages selon la possession de la traction animale. L'objectif de la stratification au niveau village est d'assurer la représentation de groupes socioéconomiques jugés importants dans la production des exploitations agricoles. La stratification améliore la précision des résultats statistiques, en définissant des sous-groupes plus ou moins homogènes et représentatifs des catégories de groupes à l'intérieur desquelles les enquêtes sont menées. La variable de stratification permet d'inclure des ménages de différentes catégories sociales dans l'échantillon.

Les ménages ont été stratifiés en trois catégories selon le niveau d'équipement et l'utilisation du matériel agricole : la possession d'équipement de traction animale, la non possession, mais l'utilisation (par location ou emprunt) de la traction animale et la non utilisation de la traction animale. En fonction de l'importance de la strate dans le nombre total de ménages du village, on détermine le nombre de ménages à tirer dans la strate. Les ménages sont tirés de façon aléatoire dans chaque strate. Le tirage de l'échantillon se fait de manière indépendante au sein de chaque groupe jusqu'à ce que le quota du groupe soit atteint. Pour la réalisation du tirage, le nombre total de ménages ( $N$ ) énumérés dans chaque village est réparti en trois groupes :

- Les ménages ( $N_1$ ) qui possèdent la traction animale (équipements et animaux de trait). Le nombre de ménages tiré dans cette catégorie est de :

$$n_1 = 32 * (N_1 / N) ;$$



- Les ménages ( $N_2$ ) qui ne possèdent pas, mais utilisent la traction animale dans la préparation des champs ou le sarclage (en louant par exemple). Le nombre de ménages tiré dans cette catégorie est de :  $n_2 = 32 * (N_2/N)$  ;
- Les ménages ( $N_3$ ) qui ne possèdent pas et qui n'utilisent pas la traction animale. Le nombre de ménages tiré dans cette catégorie est de :  $n_3 = 32 * (N_3/N)$  ;

Le nombre de ménages agricoles retenu par village est obtenu en arrondissant les chiffres obtenus. Le nombre total de ménages échantillons dans chaque village enquêté est alors de,  $n = n_1 + n_2 + n_3$ .

Les exploitations agricoles sélectionnées pour l'étude fournissent des informations sur toutes les productions agricoles des ménages. En raison du caractère presque traditionnel de production agricole, les exploitations agricoles produisent une gamme de produits agricoles. Les exploitations agricoles retenues par l'étude fournissent assez d'informations sur le cadre socioéconomique et institutionnel de la production de coton.

### **III.2.2 Méthode de collecte de l'information**

La méthode de collecte de l'information met en évidence les outils et les mesures prises pour collecter des informations fiables et de grandes qualités sur les exploitations agricoles.

#### **a) L'enquête par questionnaire**

Une série d'enquêtes a été menée auprès des ménages sélectionnés avec un questionnaire comme support. Le questionnaire est administré à tous les membres actifs du ménage. A partir du cadre théorique développé au premier chapitre, nous nous sommes intéressé aux questionnaires qui ont un intérêt pour l'analyse des exploitations cotonnières burkinabè. Le questionnaire comprend plusieurs fiches

thématiques. Pour la réalisation de cette étude, nous avons extrait de la base de données les informations sur les fiches (Annexe 3) suivantes :

(i) Caractéristiques démographiques des ménages

La fiche démographique recueille les informations de base concernant les membres du ménage. Elle identifie le chef d'exploitation, le nombre des actifs, la taille du ménage, la composition par sexe, âge et le niveau d'éducation de tous les membres du ménage. Elle renseigne également sur la possession de la traction animale.

(ii) Intrants et main-d'œuvre dans la production

La fiche intrants et main-d'œuvre renseigne sur les quantités d'engrais chimique et organique, d'insecticide et d'herbicide appliquées sur les parcelles agricoles. Elle indique également le volume de la main-d'œuvre selon son origine et le recours à la traction animale pendant le semis, les sarclages et la récolte sur chaque parcelle agricole. Les coûts des différents facteurs de production sont également répertoriés dans cette fiche. Pour éviter les confusions, chaque parcelle est identifiée par un numéro et la superficie correspondante est mentionnée.

(iii) Production agricole

La fiche production agricole recense essentiellement les quantités produites des différentes spéculations agricoles des ménages ruraux sur chaque parcelle emblavée. Elle donne des informations sur l'identification, la localisation, la toposéquence de chaque parcelle, ainsi que la spéculation et la quantité produite.

(iv) Equipements agricoles et animaux de trait possédés

La fiche équipements agricoles et animaux de trait possédés fait un inventaire sur le type d'équipement et les animaux de trait possédés au cours de chaque campagne agricole. Elle renseigne également sur l'état, l'âge et la source de financement de chaque équipement.

(v) Mesure de la superficie

Les mesures de superficie des parcelles combinent l'utilisation de GPS et l'ajustement des superficies à partir des mesures réalisées avec les GPS. La fiche ajustement des superficies renseigne sur les mesures de superficies des parcelles à partir de GPS au cours d'une campagne agricole et les estimations obtenues de ces parcelles les campagnes agricoles suivantes.

(vi) Tenure foncière et fertilité des sols

La fiche tenure foncière et fertilité des sols renseigne sur la tenure foncière des parcelles agricoles, leur mode d'acquisition, le droit foncier, la fertilité des sols, les éventuels dommages d'animaux, d'insectes et la stagnation d'eau.

(vii) Prêts accordés et emprunts reçus

La fiche prêts accordés et emprunts reçus renseigne sur le montant des crédits reçus ou octroyés, leurs sources, la forme du crédit, le délai de remboursement et leurs utilisations.

(viii) Stabilité des GPC

La fiche stabilité des GPC renseigne sur le nombre de GPC, leur taille, leur âge et les changements de stratégies opérés à chaque campagne agricole. Cette fiche permet de savoir si les ménages enquêtés participent aux activités des GPC.

**b) Type d'enquête**

L'enquête réalisée dans le cadre du JIRCAS/UO est une enquête administrée aux mêmes ménages en plusieurs passages chaque année sur toute la période d'étude. Une investigation sur des ménages ruraux, en un seul passage au cours de l'année ne suffit généralement pas pour cerner leurs comportements, à cause de la forte variabilité intra-annuelle des activités et des opportunités en milieu rural. Pour améliorer les estimations annuelles, plusieurs passages sont nécessaires au cours d'une l'année.

Dans le dispositif de l'enquête, la collecte de données a été organisée en trois passages d'environ trois semaines pour chaque campagne agricole. Pour ce faire, la campagne agricole a été divisée en trois périodes : (i) la période d'abondance, c'est-à-dire la période des récoltes (passage de décembre), (ii) la période de soudure (passage de septembre) et (iii) une période intermédiaire aux deux premières (passage de mai). Cette subdivision permet de saisir la variabilité des comportements des ménages en fonction de la disponibilité des récoltes.

La collecte de l'information relative aux parcelles cotonnières concerne les trois passages sur chaque campagne agricole. Les passages de mai et de septembre permettent d'avoir des informations sur les facteurs de production, les intrants utilisés et leurs sources de financement. Au passage de décembre, se fait la collecte des quantités produites de coton. A partir de l'agrégation des trois passages, on peut créer une base de données sur les exploitations cotonnières à chaque campagne agricole.

Le dispositif en trois passages permet de réduire la durée de rappel car cette dernière influe largement sur la qualité des données collectées. La période de rappel de l'enquête concilie la précision de l'estimation obtenue avec une courte période de rappel et la couverture des transactions réalisées obtenue sur une plus longue période. Les indicateurs annuels seront obtenus par l'agrégation des données des trois passages.

### **c) Dispositif de réalisation de l'enquête**

De nombreuses précautions ont été prises pour assurer une bonne qualité aux données collectées. Après l'élaboration des fiches d'enquête et la formation des enquêteurs, une mission a été effectuée dans les villages retenus pour présenter les différentes équipes aux responsables des villages et réaliser une pré-enquête pour corriger les insuffisances des fiches. La collecte des données est coordonnée par un superviseur général basé à Ouagadougou qui est chargé de visiter toutes les zones

pendant la durée des passages. Il est chargé d'harmoniser les compréhensions des fiches entre les zones et de corriger les insuffisances constatées.

Pour la phase de collecte des données, une équipe de trois personnes, un superviseur de niveau maîtrise au moins et deux enquêteurs maîtrisant la langue locale à raison d'un par village est placée dans chaque zone. Le superviseur de la zone est chargé de vérifier toutes les fiches administrées par les enquêteurs et d'indiquer les corrections éventuelles à apporter. La plupart des superviseurs de l'enquête sont des doctorants qui rédigent leur thèse de doctorat en économie et qui profitent du cadre du projet JIRCAS/UO pour la collecte de leurs données d'étude. D'où l'intérêt de ces derniers pour la qualité et la bonne gestion de la base de données. C'est dans ce cadre que nous avons activement été associé deux années durant à l'organisation et à la collecte des données sur les sites d'enquête.

### **III.2.3 Le traitement des informations collectées sur les exploitations cotonnières**

Les données brutes d'enquête ont besoin de subir une transformation pour générer des indicateurs utiles pour comprendre la production des exploitations cotonnières. Pour ce faire, les données primaires doivent passer par plusieurs étapes avant de fournir les indicateurs d'analyse de la production cotonnière.

#### **a) La préparation des données : dépouillement et classification**

A la fin de la collecte, les fiches sont rassemblées dans un centre de traitement où s'effectue de nouveau un contrôle sur l'exhaustivité et sur la qualité du remplissage du questionnaire. Les fiches sont ensuite dépouillées et saisies selon des fichiers thématiques. Chaque fichier thématique contient une grille de saisie spécifique qui permet de saisir les données de l'enquête sur le thème abordé. Tous les fichiers thématiques sont regroupés dans des répertoires correspondant aux villages d'enquêtes.

Pour les besoins de l'analyse, les données sont agrégées selon le numéro d'identification des ménages agricoles. Cette agrégation permet d'observer l'exploitation cotonnière dans le temps et d'analyser ses caractéristiques socioéconomiques et institutionnelles internes et externes. A partir de cette organisation, il est constitué une importante base de données sur des exploitations cotonnières burkinabè observées de 2001 à 2004. L'historique de l'échantillon d'exploitations cotonnières étudié est présenté dans l'annexe 2.

#### **b) La saisie et le nettoyage des données**

La saisie des données est assurée par des opérateurs de saisie placés sous le contrôle des superviseurs de zone d'enquête. Ce dispositif permet de corriger tous les éventuels problèmes de compréhension observés sur les fiches d'enquête. Après la saisie, la première opération de nettoyage est l'apurement du fichier. L'apurement est indispensable, il permet de vérifier que tous les villages et ménages de l'échantillon enquêté sont saisis, de déceler les erreurs de saisie, de vérifier que les données sont complètes et cohérentes et de contrôler les réponses ou les totaux manquants ou aberrants. L'opération suivante consiste à vérifier la cohérence interne, l'exactitude et la vraisemblance des données. C'est une étape importante car la cohérence des réponses est un des indicateurs de la qualité des données.

#### **c) La programmation informatique et l'estimation des indicateurs**

L'exploitation et le traitement statistique des données d'enquête de terrain supposent toujours un travail préalable d'organisation et de restructuration des informations. Il est rare de disposer de données immédiatement exploitables. Une phase préliminaire consiste invariablement en la restructuration des fichiers et de nombreuses opérations sur les variables issues de la procédure de recueil de l'information. Au niveau de la manipulation des fichiers, les situations les plus fréquemment rencontrées lors de l'exploitation des données sont : la combinaison de fichiers parallèles et non parallèles, et le maniement de fichiers dont les niveaux d'observation diffèrent. Le logiciel SPSS présente toutes les fonctionnalités

requis pour effectuer ce travail préliminaire. Le logiciel SPSS est utilisé pour la saisie, l'agrégation des données et la constitution de la base de données. Tous les indicateurs d'analyse des conditions de production des exploitations cotonnières sont générés à partir d'un programme informatique sur le logiciel SPSS. Les résultats issus des estimations permettront de caractériser les exploitations cotonnières.

### **III.3 Les performances des exploitations cotonnières**

La culture de coton est l'activité agricole qui a enregistré l'évolution la plus rapide ces dernières décennies au Burkina Faso. La production cotonnière, les superficies emblavées et les rendements ont connu un essor considérable avec la mécanisation et la vulgarisation des paquets technologiques. La modernisation de l'agriculture est généralement entendue comme le processus au cours duquel les façons de produire les biens agricoles intègrent les progrès mécaniques, agronomiques et biotechnologiques. La modernisation de la culture de coton au Burkina Faso a engendré des changements de comportements perceptibles à travers l'acquisition de matériels agricoles plus modernes et l'utilisation intensive des intrants physiques, chimiques et organiques.

#### **III.3.1 Evolution de la production cotonnière**

Le tableau III.3 montre qu'une exploitation cotonnière utilise en moyenne chaque année 3,7 hectares de superficie pour produire environ 3,07 tonnes de coton avec un rendement de 905,1 kg/ha. Le tableau III.4 montre qu'en moyenne sur la période d'étude, la production cotonnière par exploitation a augmenté de 17,8% et la superficie emblavée de 12,4%, tandis que les rendements sont restés quasiment stables avec un taux de croissance de 0,1%. Ces résultats sont en parfaite harmonie avec les statistiques au niveau national où on note une croissance rapide de la production cotonnière et des superficies de coton et un rendement avoisinant en général les 1000 kg/ha.

Tableau III.3 : Production, superficie et rendement de l'exploitation cotonnière

	2000	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Production (kg)	1804,4	2586,0	2623,2	3421,2	3517,4	3072,0
Superficie (ha)	2,6	3,3	3,5	3,8	4,2	3,7
Rendement (kg/ha)	843,3	860,0	960,3	947,5	843,9	905,1

Sources : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Tableau III.4 : Taux de croissance annuel de la production, de la superficie et des rendements

	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Production (%)	43,3	1,4	30,4	2,8	17,8
Superficie (%)	26,9	6,1	8,6	10,5	12,4
Rendement (%)	2,0	11,7	-1,3	-10,9	0,1

Sources : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Dans l'ensemble, il semble que la croissance de la production cotonnière est principalement le fait des extensions des superficies emblavées en coton. Les tableaux III.3 et III.5 montrent une déconnexion entre les prix reçus par les producteurs et les quantités produites de coton. Les prix d'achat<sup>10</sup> du coton graine des différentes qualités ont évolué en dents de scie au cours de la période d'étude (2001-2004). A l'exception de la campagne agricole 2003-2004 au cours de laquelle, le prix pondéré<sup>11</sup> du coton graine a atteint 184,4 F/kg, pour les autres campagnes agricoles son niveau est resté stable et avoisinant les 174 F/kg (tableau III.5). Cependant, la production cotonnière et les superficies emblavées n'ont cessé d'augmenter au cours de la même période.

L'évolution rapide de la production cotonnière est le fruit de l'amélioration de l'appareil productif consécutive à la relance de la filière coton engagée entre 1995 et 2000 par l'Etat<sup>12</sup> et non une réponse aux prix du marché. Une étude conjointe de la Banque Mondiale et du Ministère de l'Economie et des Finances (BM/MEF, 1999) montre qu'il existe un important écart entre les prix reçus par les producteurs

<sup>10</sup> Les prix du coton sont fixés par un accord interprofessionnel signé entre les sociétés cotonnières et UNPCB.

<sup>11</sup> Le prix pondéré est une moyenne des prix des trois qualités de coton pondérées par leurs poids dans la quantité totale vendue au cours de la campagne agricole.

<sup>12</sup> Mise en place des Groupements de Producteurs de Coton, signature de l'Accord interprofessionnel, Cession de 30% du capital de la SOFITEX aux producteurs de coton.

burkinabè et le prix du marché International. Entre 1993 et 1997, le prix au producteur ne représentait que 35% de son prix FOB au niveau international. Tout porte à croire qu'une tarification compétitive pourrait permettre d'augmenter les prix aux producteurs de coton. Ces différents résultats indiquent que la politique de prix appliquée au Burkina Faso a tendance à stabiliser les niveaux de prix au producteur de coton graine.

Tableau III.5 : Prix du kilogramme de coton graine en FCFA

Campagnes Agricoles	Premier Choix	Deuxième Choix	Troisième Choix	Prix pondérés <sup>13</sup> plus primes
2000/2001	170,0	135,0	115,0	174,5
2001/2002	200,0	165,0	145,0	174,1
2002/2003	175,0	140,0	120,0	173,9
2003/2004	185,0	150,0	130,0	184,4

Source : SOFITEX / IAP

Afin de mieux appréhender les niveaux de production, il est pertinent de distinguer les exploitations cotonnières à traction manuelle des exploitations cotonnières à traction animale. Cela permet de mieux cerner les effets de la mécanisation agricole. La mécanisation agricole est toute forme d'énergie utilisée pour aider ou remplacer le travail manuel dans l'agriculture, y compris les ânes de trait, les bœufs de trait, les tracteurs, les moissonneuses et les batteuses mécaniques. Dans le cas du coton burkinabè, la mécanisation agricole repose principalement sur la traction animale, la traction motorisée étant rare. Théoriquement, les effets attendus de la mécanisation agricole sont : l'augmentation des superficies, des rendements et de la production. Dans cette étude, nous considérons qu'une exploitation cotonnière est à traction animale lorsqu'elle utilise la traction animale dans les opérations culturales de labour et de semis. Elle est dite à traction manuelle lorsqu'elle fait recours à l'énergie humaine dans les opérations culturales de labour et de semis.

<sup>13</sup> Le prix pondéré plus la prime représentent le prix de revient moyen du coton au producteur. C'est le prix moyen des trois choix de coton plus la ristourne.

Le tableau III.6 montre qu'en moyenne, sur la période d'étude, une exploitation à traction animale (3,89 tonnes) produit deux fois plus de coton qu'une exploitation à traction manuelle (1,89 tonnes). La superficie moyenne d'une exploitation à traction animale (4,6 hectares) représente également environ le double de celle d'une exploitation à traction manuelle (2,5 hectares). Au niveau des rendements, l'exploitation à traction animale se démarque également avec un rendement d'environ 945,9 kg/ha contre 806,7 kg/ha à une exploitation à traction manuelle, soit un supplément de 15%. Ces résultats sont bien conformes aux attentes selon lesquelles, la mécanisation agricole se traduit par un gain net en rendement, une augmentation de la production et des superficies de coton.

Tableau III.6 : Production (kg), superficie (ha) et rendement (kg/ha) selon les types de la technologie

	Traction animale			Traction manuelle		
	Production	Superficie	Rendement	Production	Superficie	Rendement
2001	3293,2	4,4	722,9	1887,5	2,0	1005,8
2002	3456,8	4,7	765,6	2032,7	2,7	768,7
2003	4229,5	4,3	1067,3	1941,4	2,9	738,7
2004	4135,1	4,8	1048,0	1486,9	2,3	685,0
Moyenne	3893,2	4,6	945,9	1894,1	2,5	806,7

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

L'analyse du tableau III.7 montre que sur la période d'étude, la production cotonnière des exploitations à traction animale a augmenté de 8,0%, la superficie de 3,6% et les rendements de 14,3%. Cependant, les exploitations à traction manuelle ont connu une baisse de 2,2% de leur production et 14,4% de leur rendement. Par contre, elles ont enregistré une augmentation de 15,2% des superficies emblavées. Ces résultats indiquent que l'augmentation de la production cotonnière des exploitations à traction animale est le fait de l'augmentation des rendements et de la superficie, tandis que la baisse de la production des exploitations à traction manuelle est l'effet combiné de l'accroissement des superficies et la baisse des rendements.

Tableau III.7 : Taux de croissance annuel de la production, de la superficie et des rendements selon la technologie

	Traction animale				Traction manuelle			
	2002	2003	2004	Moyenne	2002	2003	2004	Moyenne
Production (%)	5,0	22,4	-2,2	8,0	7,7	-4,5	-23,4	-2,2
Superficie (%)	6,8	-8,5	11,6	3,6	35,0	7,4	-20,7	15,2
Rendement (%)	5,9	39,4	-1,8	14,3	-23,6	-3,9	-7,3	-14,4

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Une analyse du degré de mécanisation des exploitations cotonnières permet d'appréhender les opportunités dont disposent les exploitations pour accroître leurs niveaux de production.

### III.3.2 Le degré de mécanisation des exploitations cotonnières

L'amélioration de la productivité des facteurs passe par la modernisation de l'agriculture, le passage des outils manuels (dabas, pioches, houes) à des outils semi-mécanisés (traction animale) ou mécanisés (tracteurs). La mécanisation agricole est la substitution du travail de l'homme par le travail animal (bœufs, ânes, chevaux) ou motorisé (tracteurs). On observe essentiellement deux formes de traction animale dans la production cotonnière au Burkina Faso, à savoir la traction bovine qui est prédominante et la traction asine. La lecture du tableau III.8 indique un taux de possession de la traction animale de 47,1% au niveau des exploitations cotonnières sur la période d'étude.

Tableau III.8 : Possession de la traction animale par les exploitations cotonnières

	Fréquence (%)
Exploitation à traction animale	47,1
Exploitation à traction manuelle	52,9
Total	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Le tableau III.9 montre que les moyens de production et équipements agricoles les plus fréquemment possédés par les exploitations cotonnières sont respectivement les triangles et les butteurs (41,1%), la traction bovine (37,9%), les charrettes (12,3%), la traction asine (9,1%) et les pulvérisateurs (8,2%).

Tableau III.9 : Moyen de production, type de matériel et animaux de trait possédé

	Fréquence (%)
butteur/triangle	41,1
Charrette	12,3
Bœuf de trait	37,9
Ane de trait	9,1
Pulvérisateurs	8,2

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

La traction animale est très sollicitée par les exploitations cotonnières. Même les exploitations qui n'en disposent pas font recours aux services de la traction animale par emprunt ou par location. Le tableau III.10 montre que 72,3% des parcelles cotonnières utilisent la traction animale dans au moins une des opérations culturales. Sur les parcelles de coton, le labour et les semis (65,3%) et le deuxième sarclage s'il a lieu (62,6%) sont les opérations culturales qui font le plus appel à la traction animale.

Tableau III.10 : Utilisation de la traction animale dans les opérations culturales sur la parcelle

	Labour/semis	Sarclage1	Sarclage2	Récolte	Moyenne
Utilisation traction animale	65,3	43,2	62,6	39,5	72,3
Non utilisation traction animale	34,7	56,8	37,4	60,5	27,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

L'application efficace de la mécanisation nécessite que les exploitations cotonnières disposent de facteurs de production en quantité et en qualité suffisante.

### III.3.3 Les facteurs de production du coton

Les facteurs de production sont les inputs utilisés dans le processus de production. Dans la production cotonnière burkinabè, le travail, la terre, les intrants chimiques et organiques sont les facteurs de production les plus utilisés.

#### a) Utilisation, disponibilité et qualification de la main-d'œuvre

Le facteur travail est utilisé dans toutes les étapes du processus de production des exploitations cotonnières. Le tableau III.11 indique qu'en moyenne sur la période d'analyse, une exploitation cotonnière utilise 341,7 homme-jours de travail au

cours d'une campagne agricole. L'exploitation tire l'essentiel du facteur travail de la main-d'œuvre familiale. La location de main-d'œuvre représente seulement 25% des besoins en main-d'œuvre de l'exploitation. La récolte absorbe plus de 50% de la main-d'œuvre annuelle ; ce constat n'est pas surprenant quant on connaît la délicatesse et les précautions à prendre dans la récolte du coton pour espérer avoir un classement de premier choix. Ensuite, c'est le premier sarclage qui mobilise le plus de temps de travail (20%), suivi des opérations de labour et de semis (15%) et enfin le deuxième sarclage (moins de 15%) qui n'est pas souvent exécuté dans les exploitations cotonnières.

Tableau III.11 : Quantité de travail selon les opérations culturales de l'exploitation cotonnière (homme-jours)

	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Travail familial labour et semis	40,4	39,4	51,6	60,6	48,0
Travail loué labour et semis	1,8	4,2	3,0	4,8	3,5
Travail familial sarclage 1	48,4	53,5	59,5	70,1	57,9
Travail loué sarclage 1	10,3	15,0	10,9	8,4	11,2
Travail familial sarclage 2	15,5	33,4	41,4	45,7	34,0
Travail loué sarclage 2	2,8	4,2	10,7	3,2	5,2
Travail familial récolte	128,3	85,2	131,1	121,8	116,6
Travail loué récolte	58,9	46,2	80,8	75,5	65,3
Travail total	306,4	281,2	389,0	390,1	341,7

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Théoriquement, la réduction des temps de travaux est un effet attendu de la mécanisation agricole. Le tableau III.12 dresse de façon détaillée le volume de travail dans la culture de coton selon les opérations culturales et les technologies de production. Les données montrent que les exploitations à traction animale (434,9 homme-jours) sollicitent en moyenne deux fois plus de travail que les exploitations à traction manuelle (205,5 homme-jours). Cette tendance est quasiment respectée pour toutes les opérations culturales. Ce résultat paraît tout à fait logique puisque les analyses antérieures ont montré que les exploitations à traction animale utilisent deux fois plus de superficie en coton.

Cependant, une analyse de la quantité de travail consacrée à l'hectare montre que les exploitations à traction animale avec 96,94 homme-jours utilisent un peu plus

de travail que les exploitations à traction manuelle (84,43 homme-jours). Cette contradiction par rapport aux attentes théoriques pourrait s'expliquer par le fait que la manipulation de la traction animale exige deux à trois personnes d'une part mais aussi par les limites inhérentes à la maîtrise de la technologie (tableau III.13).

Tableau III.12 : Quantité de travail selon les types de technologie de l'exploitation cotonnière (homme-jours)

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Travail familial lab semis	55,6	55,6	59,2	67,5	60,7	22,0	27,4	37,3	37,3	29,9
Travail loué labour / semis	1,6	5,3	1,3	2,5	2,5	2,1	3,4	6,3	12,7	5,2
Travail familial sarclage 1	69,4	82,8	66,7	78,5	74,2	23,0	31,9	45,8	41,6	34,4
Travail loué sarclage 1	14,0	23,6	12,2	7,9	13,1	5,7	8,7	8,3	10,2	8,1
Travail familial sarclage 2	23,0	54,6	48,4	51,5	45,7	6,5	17,7	28,0	26,1	18,6
Travail loué sarclage 2	2,9	4,1	5,7	3,5	4,1	2,6	4,3	20,1	1,9	7,2
Travail familial récolte	182,4	114,7	156,7	130,4	144,5	65,7	62,9	83,4	92,5	73,0
Travail loué récolte	91,8	66,2	103,0	90,8	90,0	19,9	31,0	39,2	23,6	29,1
Travail total	440,7	407,0	453,3	432,7	434,9	147,4	187,3	268,3	245,9	205,5

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Tableau III.13 : Quantité de travail par hectare selon le type de technologie de l'exploitation cotonnière (homme-jours)

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Travail à l'hectare	100,8	88,17	108,8	90,39	96,94	73,35	70,25	96,1	108,5	84,43

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Une utilisation efficace du facteur travail nécessite que l'exploitation cotonnière dispose d'une main-d'œuvre qualifiée et en quantité suffisante. Le chef d'exploitation joue un rôle central dans la prise de décisions concernant le choix technologique et la combinaison des facteurs de production, lesquels dépendent de ses caractéristiques, notamment son âge et son niveau d'éducation. Le chef d'exploitation joue certes un rôle important, mais les caractéristiques des actifs peuvent influencer le dynamisme des exploitations cotonnières et les niveaux de production.

Une exploitation avec des actifs peu nombreux et trop âgés manquerait de ressources humaines si les activités pratiquées sont à haute intensité de main-d'œuvre. Le tableau III.14 montre que les exploitations cotonnières disposent d'une main-d'œuvre jeune et dynamique, mais dirigée par des chefs d'exploitations relativement âgés. Une exploitation cotonnière utilise en moyenne 5 à 6 actifs par campagne agricole sur la période d'étude. L'âge moyen des chefs d'exploitations est de 45,1 ans, alors que les actifs ont en moyenne 31,9 ans.

Tableau III.14 : Age et effectif des actifs dans une exploitation cotonnière

	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Age des actifs (en années)	32,8	32,2	31,5	31,1	31,9
Age du chef de ménage (en années)	44,8	45,0	45,0	45,5	45,1
Nombre d'actifs	5,4	5,8	5,6	5,2	5,5

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

L'analyse de la composition des actifs par sexe montre une prédominance du nombre de femmes (56,7%) sur les hommes (43,3%). Ce dernier résultat reflète bien la structure démographique par sexe au niveau national (tableau III.15).

Tableau III.15 : Distribution des actifs par sexe (%)

	Fréquence (%)
Homme	43,3
Femme	56,7
Total	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

L'éducation constitue la principale composante du capital humain dans les pays en développement. Le Burkina Faso figure parmi les pays où la situation de l'éducation reste encore préoccupante. Le taux d'alphabétisation des actifs de l'exploitation cotonnière est un indicateur de l'aptitude de la force de travail à innover. Plus les personnes actives sont instruites, plus elles peuvent être productives à travers leur attitude à l'égard de nombreux choix économiques et de formation en capital humain.

L'éducation est sensée accroître la productivité des actifs par la vulgarisation du progrès technique et une meilleure maîtrise des techniques de production. Le taux d'alphabétisation des actifs est calculé comme le rapport du nombre d'actifs qui savent lire et écrire dans une langue quelconque sur l'effectif des actifs de l'exploitation cotonnière. La lecture du tableau III.16 montre un déficit considérable en matière d'éducation qui se traduit par un taux d'alphabétisation des actifs de 18,1%. Les chefs de ménages sont en général plus alphabétisés (24,2%) que les autres actifs des exploitations cotonnières. Ce taux est encore plus faible pour les actifs féminins qui sont victimes des pesanteurs socioculturelles limitant leurs accès aux services éducatifs et au savoir faire-technique. Et pourtant, les actifs féminins sont les plus nombreux dans les exploitations cotonnières.

Tableau III.16 : Niveau d'éducation des actifs (%)

	<b>Chef de ménage</b>	<b>Actifs</b>
Alphabétisé	24,2	18,1
Non alphabétisé	75,8	81,9
Total	100,0	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Une analyse du niveau d'éducation selon la technologie de production montre que les taux d'alphabétisation des chefs de ménages (21,5%) et des actifs (20,6%) dans les exploitations à traction animale représentent quasiment le double de ceux des exploitations à traction manuelle (tableau III.17). Ces résultats sont tout à fait logiques puisque les chefs de ménages bénéficient de plus d'opportunités de formation et d'alphabétisation. Ces faibles taux d'alphabétisation sont le reflet du manque d'éducation de la majorité de la population rurale.

Tableau III.17 : Niveau d'éducation des actifs selon le type de technologie (%)

	<b>Traction animale</b>		<b>Traction manuelle</b>	
	<b>Chef de ménage</b>	<b>Actifs</b>	<b>Chef de ménage</b>	<b>Actifs</b>
Alphabétisé	21,5	20,6	11,3	13,9
Non alphabétisé	78,5	79,4	88,7	86,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Une main-d'œuvre qualifiée est une condition *sine qua non* pour une meilleure utilisation des inputs modernes dans les exploitations cotonnières.

### b) Le degré d'utilisation des intrants chimiques et organiques

L'intensification agricole est un moyen d'accroître la productivité des facteurs et de préserver les ressources naturelles. Le tableau III.18 présente la fréquence de l'utilisation de l'NPK, de l'urée, de l'insecticide et de l'herbicide, du fumier et du compost sur les parcelles cotonnières. Il montre que 82,3% des parcelles cotonnières utilisent au moins un des intrants sur la période d'étude. Les intrants comme l'insecticide / l'herbicide (77,6%) et le NPK (72,9%) sont les plus appliqués sur les parcelles cotonnières. Cependant, seulement 16,1% des parcelles de coton utilisent l'urée et 19,3% appliquent la fumure organique (fumier et compost).

Tableau III.18 : Taux d'utilisation des intrants sur les parcelles

	NPK	Urée	Insect/herb	Fumier	Compost	Taux
Utilisation de l'intrant	72,9	16,1	77,6	18,8	0,5	82,3
Non utilisation de l'intrant	27,1	83,9	22,4	81,2	99,5	17,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Malgré l'importance des parcelles qui pratiquent les traitements phytosanitaires sur le cotonnier, 14,5% des parcelles cotonnières subissent les dommages des insectes (tableau III.19). Cela peut être dû au non respect des recommandations techniques sur la quantité de produits phytosanitaires à appliquer à l'hectare.

Tableau III.19 : Pourcentage de parcelles ayant subi des dommages d'insectes

	Fréquence (%)
Non	85,5
Oui	14,5
Total	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Le tableau III.20 montre que sur la période d'étude, les détournements de certaines quantités d'intrants acquis à crédits par les membres des GPC sont destinés à la revente pour faire face à des problèmes sociaux (37,8%), pour l'achat de nourriture (35,6%) et pour l'achat d'autres facteurs de production (26,7%).

Tableau III.20 : Raisons de la revente des intrants de crédit par les membres des GPC

	Fréquence (%)
Achat de nourriture	35,6
Problèmes sociaux	37,8
Achat de facteurs de production	26,7
Total	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Le tableau III.21 montre que sur la période d'étude une exploitation cotonnière utilise en moyenne 366,4 kilogrammes de NPK, 64,3 kilogrammes d'urée, 15,3 litres d'insecticide ou herbicide, 9 charrettes de fumier et 0,08 charrettes de compost.

Tableau III.21 : Quantité d'intrants chimiques et organiques de l'exploitation cotonnière

	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Quantité de NPK (kg)	265,6	379,6	410,0	391,9	366,4
Quantité d'urée (kg)	94,0	16,3	33,9	115,6	64,3
Quantité d'insecticide et d'herbicide (litre)	12,9	13,7	17,6	16,6	15,3
Quantité de fumier (charrette)	9,8	4,8	10,5	11,0	9,0
Quantité de compost (charrette)	0,0	0,0	0,2	0,1	0,08

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Une analyse selon le type de technologie montre qu'en moyenne, les exploitations à traction animale utilisent environ deux fois plus de NPK (451,1 kg), d'urée (81,9 kg), d'insecticide ou herbicide (18,9 litres) et quatre fois plus de fumier (12,8 charrettes) par rapport aux exploitations à traction manuelle (tableau III.22). Ces résultats semblent montrer que les exploitations à traction animale sont mieux traitées que les exploitations manuelles. Cela pourrait expliquer les meilleurs rendements constatés au niveau des exploitations à traction animale (tableau III.6).

Tableau III.22 : Quantité d'intrants chimiques et organiques selon le type de technologie

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
NPK (kg)	347,0	509,9	479,6	455,9	451,1	166,9	281,3	279,8	175,4	236,2
Urée (kg)	138,0	6,8	33,2	129,1	81,9	40,6	23,4	35,3	70,1	37,6
Insect/herb (litre)	16,7	17,6	21,0	19,2	18,9	18,3	10,8	11,3	7,9	9,8
Fumier (charrette)	14,5	8,1	13,0	14,2	12,8	4,1	2,4	5,7	0,4	3,3
Compost (charrette)	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Une analyse plus raffinée montre que sur la période d'étude, une exploitation cotonnière utilise en moyenne 122,5 kg de NPK par hectare, 21,4 Kg d'urée par hectare, 5 litres d'insecticide et d'herbicide par hectare et environ 2,7 charrettes de fumier à l'hectare (tableau III.23). Une analyse de l'utilisation des engrais chimiques et organiques selon le type de la technologie montre qu'en réalité, la quantité appliquée du NPK à l'hectare (126 kg), la quantité d'urée à l'hectare (23,1 kg) et d'insecticide et herbicide à l'hectare (4,9 litres) sur une exploitation à traction animale est quasiment identique à celle utilisée sur une exploitation à traction manuelle.

Ces résultats montrent que la mécanisation par la traction animale a été plus extensive qu'intensive. Seule la quantité de fumier utilisée sur l'exploitation à traction animale est sensiblement supérieure (trois fois) à celle appliquée sur une exploitation à traction manuelle (tableau III.24). Ce dernier résultat pourrait se justifier par le fait que les exploitations à traction manuelle font face à une plus grande contrainte de collecte et de transport de la fumure organique. La plupart du temps, la quantité de fumure organique collectée par les exploitations au cours d'une campagne agricole dépend de la possession de la traction animale (charrette).

Les doses appliquées à l'hectare sont en deçà des recommandations techniques des spécialistes du coton au Burkina Faso. Les normes techniques recommandées sont de 150 kg/ha pour le NPK, 50 kg/ha pour l'urée soit 200 kg/ha d'engrais et 6

litres/ha d'insecticide. Ce sous-dosage souvent qualifié de « Pratiques Paysannes », pourrait s'expliquer par le fait que d'une part, les superficies déclarées par les producteurs sont en deçà de celles effectivement emblavées et d'autre part, par le fait qu'une partie de ces intrants acquis à crédit est détournée vers d'autres cultures de rente, notamment le maïs et le niébé ou revendue sur le marché pour satisfaire d'autres besoins. La plupart du temps, le producteur déclare la superficie de la parcelle principale pour l'acquisition d'intrants chimiques, alors que dans la pratique il les utilise sur toutes ses parcelles de coton.

Tableau III.23 : Quantité d'intrants chimiques et organiques par hectare de l'exploitation cotonnière

	2001	2002	2003	2004	Moyenne
NPK par hectare (kg/ha)	101,8	127,2	159,7	98,6	122,5
Urée par hectare (kg/ha)	27,9	5,1	21,9	31,2	21,4
Insecticide/herbicide par hectare (litre/ha)	5,5	4,5	5,9	4,2	5,0
Fumier par hectare (charrette/ha)	3,9	1,7	3,1	2,4	2,7
Compost par hectare (charrette/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Tableau III.24 : Quantité d'intrants chimique et organique par hectare selon le type de technologie

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
NPK par hectare (kg/ha)	86,5	137,1	178,9	99,3	126	120,3	119,7	123,7	96,4	117,1
Urée par hectare (kg/ha)	33,6	0,9	22,6	29,1	23,1	21,0	8,2	20,6	38,4	18,9
Insect/herb (litre/ha)	4,2	4,8	6,2	4,2	4,9	7,1	4,3	5,2	4,1	5,2
Fumier (charrette/ha)	5,2	3,0	3,9	3,1	3,7	2,2	0,8	1,5	0,2	1,2
Compost (charrette/ha)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Le niveau des prix peut être déterminant dans l'adoption et le respect des normes techniques des facteurs de production.

### c) Les prix des facteurs de production

Les prix des facteurs de production sont encore relativement élevés, malgré les efforts des acteurs de la filière cotonnière pour les réduire en faisant une commande groupée et a un appel d'offre international à la concurrence pour l'acquisition des intrants. Les prix pondérés des facteurs de production sont restés

relativement stables entre 2001 et 2004 (tableau III.25). Toutefois, il faut noter que les prix de revient des intrants généralement acquis à crédit sont encore plus élevés à cause du paiement des intérêts (semences, NPK, urée, herbicide, insecticide, pulvérisateurs). Le prix du kilogramme d'engrais chimiques est obtenu en faisant une moyenne pondérée du prix du kilogramme de NPK et de celui de l'urée, en respectant les recommandations techniques de 75% de NPK et de 25% d'urée. Ce qui permet d'avoir un prix moyen de 239,8 F/kg d'engrais chimiques sur la période d'étude. Le prix moyen d'un litre de traitement chimique (5 632 F/l) est une moyenne simple des prix du litre de l'herbicide et de l'insecticide.

Les prix de certains facteurs comme la fumure organique, la terre et la main-d'œuvre sont plus difficiles à estimer en raison de l'absence de marchés. La fumure organique est souvent collectée gratuitement ou à la limite les prix sont fixés de façon informelle selon le tas. Dans cette étude, nous avons approximé le prix à 750 F la charrette selon la pratique de la plupart des zones cotonnières. Pour le travail, nous avons considéré la rémunération de la main-d'œuvre la plus courante au niveau national qui est de 1 000 F par jour et par ouvrier.

Compte tenu du caractère traditionnel de la tenure foncière, nous avons approximé le prix de location de la terre à 5000 F par hectare et par an, comme le faisaient les grands projets nationaux comme l'AMVS. Même si les prix retenus comme proxy des prix des facteurs de production ne sont pas ceux effectivement observés, ils permettent d'apprécier l'efficacité de l'allocation des facteurs de production. Ils permettent également de guider les producteurs sur la quantité optimale des facteurs de production à utiliser. L'analyse des prix des facteurs de production du coton met en évidence une imperfection du marché des intrants. La plupart des marchés n'existent pas ou ne fonctionnent pas efficacement. Dans un tel contexte, les exploitations cotonnières ne peuvent être efficaces.

Tableau III.25 : Evolution des prix des facteurs de production en FCFA

	2001	2002	2003	2004	Moyenne
Semence vêtue (FCFA/kg)	30	30	30	30	30
Semence délintée (FCFA/kg)	70	70	70	70	70
Fumure organique (FCA/charrette)	750	750	750	750	750
Engrais chimiques (FCFA/kg)	238	238	227	256	239,8
Traitements chimiques (FCFA/litre)	5 543	5 543	6 055	5 385	5 632
Terre (FCFA/ha)	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Travail (FCFA/homme-jour)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Pulvérisateur TBV (FCFA/unité)	27 088	27 088	27 088	28 328	27 398
Pulvérisateur à dos (FCFA/unité)	55 504	-	27 500	25 328	36 111

Source : SOFITEX / Nos calculs

L'intensification de la production cotonnière à travers une plus grande adoption de la traction animale et des intrants modernes n'est possible que si l'environnement institutionnel est favorable.

### III.4 Institutions d'appui à la production cotonnière

La production cotonnière est l'activité agricole la mieux privilégiée en matière d'appui institutionnel au Burkina Faso. De nombreuses institutions interviennent pour promouvoir le développement de la culture du coton. Toutefois, les transactions traditionnelles demeurent fort remarquables.

#### III.4.1 Les organisations des producteurs de coton

Les producteurs de coton sont organisés en Groupements de Producteurs de Coton (GPC) pour défendre leurs intérêts. Il s'agit de groupes de producteurs constitués par affinité et basé sur la relation de confiance mutuelle. L'objectif initial des GPC était l'acquisition d'intrants à crédit auprès de la SOFITEX par le biais de la caution solidaire au profit des producteurs membres. La caution solidaire implique une responsabilité collective du remboursement des crédits intrants octroyés aux GPC. Ce qui suppose implicitement une surveillance mutuelle des activités des membres du GPC.

Aujourd'hui les GPC sont devenus de véritables partenaires des sociétés cotonnières pour la collecte et la commercialisation du coton graine. Ils servent

souvent de courroie de transmission pour les thèmes techniques vulgarisés par les agents de l'Etat ou les sociétés cotonnières. Les GPC jouent également un rôle fondamental dans la défense des droits et des intérêts des producteurs de coton à travers l'accord interprofessionnel<sup>14</sup>.

Le tableau III.26 montre que les exploitations cotonnières enquêtées sont membres de Groupement de Producteurs de Coton d'environ 37 membres sur la période étudiée. Ces groupements mènent leurs activités en moyenne depuis 6,3 ans. La taille de 37 membres par GPC confère certes un pouvoir de négociation assez important, mais le risque de comportements opportunistes chez certains membres est élevé. Il est assez difficile pour les membres des GPC de se contrôler mutuellement afin de garantir le paiement des crédits intrants.

Tableau III.26 : Caractéristiques des GPC

	2002	2003	2004	Moyenne
Taille des GPC (nombre de membres)	34,4	37,0	40,4	37,0
Age des GPC (nombre d'années)	5,7	6,3	7,1	6,3

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

### III.4.2 Les institutions intervenant dans le développement du coton

La plupart des institutions qui appuient les producteurs de coton interviennent par le biais de crédits. Une étude de l'accès au crédit permet donc d'identifier les institutions qui apportent leur soutien aux producteurs de coton. Le tableau III.27 montre que les sociétés cotonnières apportent le soutien le plus important aux producteurs de coton. La SOFITEX<sup>15</sup> est la principale source de crédits (61,5%) des exploitations cotonnières sur la période d'étude. Au second plan, le crédit informel (29,9%) continue de jouer un rôle non négligeable dans le financement de la production cotonnière. Cela traduit le caractère encore traditionnel de la

<sup>14</sup> L'accord interprofessionnel regroupe les sociétés cotonnières et les groupements de producteurs de coton. Il contient tous les procédures et instruments (arrangements institutionnels) de gestion de la filière coton.

<sup>15</sup> La SOFITEX finance les intrants à crédit aux producteurs à travers un crédit de campagne qu'elle contracte chaque année auprès d'un pool bancaire national et international. Ces crédits en intrants sont octroyés aux producteurs avec la caution solidaire des GPC et remboursés par prélèvements opérés lors de l'achat du coton graine.

production cotonnière. Ce constat met en évidence le rôle des relations sociales (confiance, entraide, cohésion sociale) dans la production cotonnière. Le réseau de relation sociale constitue donc un capital social qu'il faut valoriser. L'apport direct de crédits aux producteurs par les autres institutions formelles est quasiment négligeable. Les services agricoles de l'Etat (0,2%), les ONG/Projets (0,7%), la BACB (3,7%), les GPC (2,2%), les Caisses Populaires (1,8%), ont été identifiés comme institutions intervenant dans le développement de la production cotonnière. En dehors de la BACB et des Caisses Populaires, les autres institutions apportent également un appui technique aux producteurs de coton.

Tableau III.27 : Source du crédit agricole

	Fréquence (%)
SOFITEX	61,5
Services agricoles	0,2
BACB (ex CNCA)	3,7
ONG/projet	0,7
GPC	2,2
Caisse populaire	1,8
Crédit informel	29,9
Total	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Le tableau III.28 montre que la quasi-totalité des crédits octroyés aux producteurs de coton sont généralement en nature (90,5%). En terme monétaire, sur la période d'étude une exploitation à traction animale (258 316 F) bénéficie à chaque campagne agricole de deux fois plus de crédit qu'une exploitation à traction manuelle (114 276 F).

Tableau III.28 : Nature du crédit agricole

	Espèce	Nature
Fréquence (%)	9,5	90,5
Fréquence cumulée (%)	9,5	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Le montant annuel de crédit agricole a connu un accroissement rapide passant de 135 428 F en 2001 à 306 606 F en 2004 pour les exploitations cotonnières à

traction animale, et de 50 251 F en 2001 à 288 361 F en 2004 dans les exploitations cotonnières à traction manuelle (tableau III.29). Les crédits sont essentiellement sous forme d'intrants (NPK, urée, insecticides, herbicide) à hauteur de 25,1%, de semences pour 47,3% et d'équipements agricoles modernes pour seulement 2,7%. La location de main-d'œuvre représente environ 24,1% des crédits de campagnes (tableau III.30).

Tableau III.29 : Montant du crédit agricole (en FCFA)

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Crédit	135428	150559	339417	306606	258316	50251	42741	183432	288361	114276

Source : Résultats de l'enquête 2001-2004

Tableau III.30 : Usage du crédit agricole

	Fréquence (%)
Equipement agricole moderne	2,7
Equipement agricole traditionnel	0,7
Achat de traction animale	0,1
Achat intrants	25,1
Achat autres facteurs de production (semences)	47,3
Location de main d'œuvre	24,1

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

### III.4.3 Institutions de régulation de la tenure foncière

L'existence d'un cadre juridique et institutionnel pour réguler la tenure foncière est une condition *sine qua non* à l'émergence d'exploitations agricoles modernes. Cependant, les résultats de l'étude montrent qu'il n'y a pas un cadre juridique respecté qui régleme la propriété agraire et foncière. La tenure foncière est traditionnellement gérée par le village ou la famille. Dès lors, la question de l'affectation optimale de la ressource terre demeure une problématique à résoudre tant au niveau des producteurs que des décideurs.

L'enquête révèle que sur la période d'étude, les exploitations cotonnières se composent en moyenne de trois petites parcelles cotonnières de 1,2 hectares chacune (tableau III.31). Ceci est la caractéristique des exploitations familiales

traditionnelles. Les producteurs dispersent donc leurs efforts sur plusieurs petites parcelles. Cela peut s'expliquer par le fait que la tenure foncière n'est pas organisée de façon moderne, impliquant ainsi des difficultés pour l'acquisition de grandes surfaces cultivables.

Tableau III.31 : Caractéristiques des parcelles de l'exploitation cotonnière

	2001	2002	2003	2004
Superficie d'une parcelle (en hectare)	1,4	1,1	1,2	1,4
Nombre de parcelles	2,4	3,2	3,2	3,1

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Les tableaux III.32 et III.33 montrent que la majorité des parcelles cotonnières (61,8%) appartiennent aux producteurs, environ 27,1% sont des emprunts, 10,9% des dons et seulement 0,1% en location. Les parcelles cotonnières sont principalement acquises dans la famille par héritage (34,4%), au sein du ménage par mariage (30%) ou par un parent hors du ménage (8,2%). Les autres possibilités d'acquisition sont par défrichement (12,9%) et par le village (14,6%) surtout pour les étrangers.

Tableau III.32 : Propriété foncière de la parcelle de coton

	Fréquence (%)
Propriétaire	61,8
Emprunt	27,1
Don	10,9
Location	0,1

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

Tableau III.33 : Source d'acquisition de la parcelle de coton

	Fréquence (%)
Défrichement	12,9
Héritage	34,4
Ménage	30,0
Parent	8,2
Village	14,6

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

La gestion traditionnelle de la tenure foncière pèse fortement sur le droit foncier. En dehors du droit d'usage sur les parcelles matérialisé par le droit de prêt (75%),

le droit de don (49,6%) et le droit de legs (37,8%), les droits de location (0,3%) et de vente (0,1%) sont quasiment inexistantes (tableau III.34).

Cette régulation traditionnelle de la tenure foncière ne permet pas d'utiliser la terre comme gage dans les transactions économiques modernes. Le problème foncier commence à prendre des proportions inquiétantes caractérisées par des conflits permanents entre autochtones et migrants d'une part, et d'autre part, entre producteurs et éleveurs. La sécurisation foncière demeure une condition *sine qua non* à l'intensification des terres disponibles par les producteurs de coton.

Tableau III.34 : Droit foncier sur la parcelle de coton (%)

	Droit de prêt	Droit de donner	Droit de léguer	Droit de louer	Droit de vendre
Oui	75,0	49,6	37,8	0,3	0,1
Non	25,0	50,4	62,2	99,7	99,9
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : Résultats de l'enquête, 2001-2004

### III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré que la zone cotonnière SOFITEX est suffisamment importante et assez représentative de la production cotonnière au Burkina Faso. Elle peut donc servir de zone d'investigation pour l'étude de l'efficacité technique et la productivité des exploitations cotonnières burkinabè. Les provinces des Balé et de la Comoé de la zone cotonnière SOFITEX présentent assez de disparités pour être représentatives des zones cotonnières du Burkina Faso. Les données de la thèse ont été collectées sur la période de 2001 à 2004 auprès d'exploitations agricoles dans les provinces des Balé et de la Comoé.

Les résultats des analyses descriptives montrent que les exploitations cotonnières disposent d'une main-d'œuvre jeune et dynamique, mais peu dotée en niveau d'éducation pour assimiler aisément les nouvelles technologies. Les exploitations cotonnières sont caractérisées par de faibles taux d'équipement en traction animale (47,1%), toutefois l'adoption des intrants agricoles modernes est assez élevée (plus de 70%). Il ressort d'une analyse à l'hectare que les deux technologies bénéficient

pratiquement du même traitement en engrais chimique et organique et en insecticide/herbicide. Les prix des intrants sont toujours élevés, malgré les stratégies adoptées par les acteurs de la filière coton pour leur réduction.

La culture du coton est une activité agricole fortement privilégiée en matière d'appui institutionnel. Cependant, le cadre informel joue encore un rôle non négligeable dans le développement de la production cotonnière. L'analyse économique du processus de production des exploitations cotonnières permet de mettre en évidence l'intensité des liens entre le niveau de production et l'environnement socioéconomique et institutionnel.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Chapitre IV : Analyse du processus de production des exploitations cotonnières

---

### IV.1 Introduction

L'analyse des conditions de production des exploitations cotonnières suggère l'existence d'une relation entre certaines variables socioéconomiques et institutionnelles et le niveau de la production cotonnière. La limite des analyses descriptives est que, ces relations s'établissent les unes après les autres, indépendamment et sans qu'on ne puisse quantifier leurs amplitudes. L'analyse des conditions de production ne permet pas non plus de voir l'effet simultané de toutes les variables pertinentes sur la production. L'estimation économétrique permet de tester la robustesse de ces relations, de mettre en exergue leurs effets simultanés, et de juger de l'effet net de chaque variable sur le niveau de la production *ceteris paribus*.

L'objectif de ce chapitre est d'utiliser les résultats des estimations économétriques pour caractériser le processus de production des exploitations cotonnières. Il s'agit d'identifier les facteurs qui motivent l'adoption de la traction animale et de caractériser les technologies de production. L'étude de la technologie de production devrait permettre de mettre en évidence les opportunités dont disposent les exploitations cotonnières pour accroître leurs niveaux de production. Pour cela les analyses portent sur les effets marginaux des facteurs, l'allocation des ressources productives, l'élasticité de la production, les rendements d'échelle, l'efficacité technique et le progrès technique.

La suite du chapitre aborde dans un premier temps les questions de robustesse et de pouvoir explicatif des résultats issus de l'estimation du modèle économétrique (IV.2). Les déterminants de l'adoption de la traction animale et les caractéristiques des technologies de production sont ensuite traités à la section IV.3. Enfin, le

chapitre s'intéresse à l'efficacité technique, ses déterminants et sa contribution aux gains de productivité totale des facteurs. Il accorde également une attention à la contribution du progrès technique, de l'efficacité allocative et de l'efficacité d'échelle à la croissance de la productivité globale des facteurs (IV.4).

## **IV.2 Analyse économétrique des résultats d'estimation**

L'analyse économétrique des résultats d'estimation permet d'apprécier la spécification et le pouvoir explicatif du modèle. Les conclusions de cette analyse permettent de juger de la pertinence des résultats économiques portant sur les exploitations cotonnières.

### **IV.2.1 Appréciation de la spécification du modèle**

La vérification des hypothèses sur la spécification du modèle conditionne la qualité d'un bon ajustement de la production des exploitations cotonnières. Cette section justifie la pertinence de l'utilisation de la frontière de production, la consistance de la partition endogène de l'échantillon et le choix de la forme fonctionnelle de cette étude.

#### **a) Nature de la frontière de production**

Le test sur la nature de la frontière de production permet de voir si la spécification stochastique de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique est pertinente dans le cas des exploitations cotonnières. Le tableau IV.1 montre que  $\gamma$  est significativement différent de zéro et est approximativement égal à l'unité au seuil de 1% quel que soit le type d'exploitation cotonnière. Ce résultat implique que l'on ne peut pas rejeter les hypothèses d'une part de la présence d'inefficacité technique dans les exploitations cotonnières et d'autre part que les frontières de production sont déterministes. Dans ce cas tout écart qu'une exploitation cotonnière affiche par rapport à sa frontière de production est presque entièrement attribué à l'inefficacité technique.

Le terme d'erreur est donc quasiment nul ; ce qui permet de dire que les facteurs de production et d'inefficacité technique inclus dans le modèle expliquent l'essentiel de la variation de la production cotonnière. Il apparaît que la frontière stochastique de production n'est pas significativement différente d'une frontière de production déterministe pour les exploitations cotonnières. Toutefois, la spécification stochastique de la frontière de production demeure pertinente puisqu'elle englobe la spécification déterministe de la frontière de production. La spécification en terme de frontière est appropriée ; ce résultat remet en cause l'approche habituelle de la fonction de production qui présuppose l'efficacité technique.

Tableau IV.1 : Présence d'inefficacité technique et nature de la frontière de production

Hypothèses nulles	Exploitations à traction animale		Exploitations à traction manuelle	
	Valeur	t-Student	Valeur	t-Student
$H_0 : \gamma = 0$	***0,999	81765	***0,999	9212027
$H_0 : \gamma = 1$	***-0,001	-83,33	***-0,001	10000

Source : Estimations sur Frontier 4.1 / \*\*\* Significatif au seuil de 1%

#### b) Test sur l'endogénéité du choix de la traction animale

Le test d'endogénéité permet de justifier la partition endogène de l'échantillon selon la possession de la traction animale. Les coefficients des inverses des ratios de Mills dans la frontière de production et dans les effets d'inefficacité technique sont significatifs aux seuils respectifs de 1% et 10% dans les exploitations à traction manuelle (tableau IV.7 et tableau IV.8). Cependant, ils ne sont pas significatifs dans les exploitations à traction animale. Ces résultats confirment l'endogénéité du choix de la traction animale. Dans l'ensemble, ces résultats justifient la nécessité de corriger le biais d'endogénéité par une partition endogène de l'échantillon selon la traction animale. Une omission de cette correction aurait biaisé les paramètres estimés dans cette étude.

### c) Tests sur l'adéquation des formes fonctionnelles

Les tests sur l'adéquation des formes fonctionnelles translogarithmiques pour représenter la technologie de production des exploitations cotonnières sont résumés dans le tableau IV.2. L'hypothèse nulle que la fonction Cobb-Douglas est une représentation adéquate de la fonction de production du coton et des effets d'inefficacité technique, a été rejetée au seuil de 1%, quel que soit le type d'exploitation cotonnière. Ces résultats confortent davantage le choix de la fonction translogarithmique pour représenter la technologie des exploitations cotonnières.

Tableau IV.2 : Test sur les formes fonctionnelles

Hypothèses nulles	Ratio de vraisemblance	Statistique** du khi deux	Décision
Exploitations à traction animale			
$H_0 : \alpha_u = \alpha_{jk} = \alpha_{jt} = \beta_u = \beta_{jk} = \beta_{jt} = 0$	122	44,314	Rejeté au seuil 1%
Exploitations à traction manuelle			
$H_0 : \alpha_u = \alpha_{jk} = \alpha_{jt} = \beta_u = \beta_{jk} = \beta_{jt} = 0$	124	44,314	Rejeté au seuil 1%

Source : Estimations sur Frontier 4.1 / \*\*khi deux à 25 degrés de liberté

Dans un marché de concurrence pure et parfaite, la fonction de production ne peut être considérée comme une description adéquate de la technologie de production que si elle est monotone croissante et quasi-concave. Toutefois, dans un environnement d'imperfection des marchés, la vérification de ces propriétés n'est pas évidente. Les signes des effets marginaux évalués à la moyenne arithmétique de tous les facteurs de production sont présentés dans le tableau IV.10. Dans le cas des exploitations à traction manuelle, les effets marginaux de tous les facteurs de production ont les signes positifs attendus. La fonction de production des exploitations cotonnières à traction manuelle est donc monotone croissante.

A l'exception de la terre et de la fumure organique dans le cas des exploitations à traction animale, les effets marginaux des autres facteurs de production sont positifs et ont donc le signe prévu. Le fait que la fumure organique et la terre ont des effets marginaux négatifs ne permet pas de conclure que l'hypothèse de

monocité de la fonction de production des exploitations à traction animale est vérifiée. Ce résultat semble remettre en cause le principe de rationalité des exploitations cotonnières à traction animale qui utilisent plus de terre et de fumier qu'il n'en faut pour obtenir le niveau maximum de production. Toutefois, il peut s'expliquer par l'absence de marchés de la terre et du fumier, surtout lorsque ces deux facteurs sont acquis à des prix quasiment nuls. Les exploitations cotonnières à traction animale qui disposent d'une grande capacité technique d'extension des surfaces cultivables et de collecte de fumure organique auront tendance à augmenter l'utilisation de ces facteurs jusqu'à la limite de leurs possibilités.

L'ensemble des inputs nécessaires doit être convexe dans une technologie de production, ce qui implique une fonction de production quasi-concave. Pour étudier la quasi-concavité d'une fonction de production, nous pouvons vérifier si sa matrice hessienne est sémi-définie négative. L'étude des matrices hessiennes des fonctions de production translogarithmique des exploitations cotonnières à la moyenne des variables montre qu'elles sont quasi-concaves (annexe 6). L'ensemble des inputs nécessaires est donc convexe dans les exploitations cotonnières à traction animale et à traction manuelle.

#### **IV.2.2 Le pouvoir explicatif du modèle**

Un bon ajustement du modèle de production avec effets d'inefficacité technique ne saurait être une démonstration de causalité. L'analyse de l'apport des résultats d'estimation à la compréhension du problème étudié peut se faire à deux niveaux. A l'échelle globale, nous pouvons nous intéresser à la force et à la significativité de la liaison entre la variable à expliquer et les variables explicatives. Pour chaque variable explicative, on peut étudier sa contribution à l'explication de la variable expliquée et si sa présence dans l'équation de régression est nécessaire.

### a) Table de prédiction et indice du ratio de vraisemblance

La table de prédiction et l'indice du ratio de vraisemblance (LRI) permettent de mesurer la proportion de la variation des variables endogènes qui est expliquée par la présence des variables exogènes. La table de prédiction montre que la capacité du modèle à prédire correctement la probabilité d'adoption de la traction animale est de 67,3%. Ce résultat traduit la pertinence du choix du nombre d'actifs, du crédit, de l'âge et de l'éducation du chef d'exploitation pour expliquer la probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale.

Toutefois, le modèle est plus apte à prédire l'adoption de la traction animale (86,5% de prédiction correcte) que la non adoption de la traction animale (38,3% de prédiction correcte). Ces résultats indiquent que le modèle d'adoption de la traction animale a une bonne capacité de prédiction dans l'ensemble (tableau IV.3).

Tableau IV.3 : Table de prédiction de l'adoption de la traction animale (seuil de succès=0,5)<sup>16</sup>

		Valeurs observées		Total
		TA=0	TA=1	
Valeurs Prédites	TA=0	51	27	78
	TA=1	82	173	255
Total		133	200	333
Prédictions Correctes		51	173	224
% Prédictions Correctes		38,3	86,5	67,3

Source : Estimations sur eviews

Les valeurs de l'indice du ratio de vraisemblance du modèle de frontière de production avec effets d'inefficacité technique sont résumées dans le tableau IV.4. Les facteurs de production et les variables socioéconomiques et institutionnelles retenus contribuent à expliquer fortement la variation de la production cotonnière des exploitations à traction animale et des exploitations à traction manuelle.

<sup>16</sup> Les résultats des estimations de la table de prédiction du modèle d'adoption de la traction animale sont présentés à l'annexe 5.

Tableau IV.4 : Indice du ratio de vraisemblance

Type d'exploitation	LRI
Exploitations à traction animale	0,71
Exploitations à traction manuelle	0,79

Source : Estimations sur eviews

### b) Tests de signification sur les coefficients

Les coefficients obtenus dans la régression des modèles d'adoption de la traction animale et de frontière de production avec effets d'inefficacité technique ne sont pas directement interprétables économiquement. Les tests de signification sur les coefficients permettent simplement d'apprécier le degré de confiance à accorder aux coefficients de régression dans leur ensemble ou individuellement. Dans cette section, nous allons d'abord tester les hypothèses selon lesquelles tous les coefficients des facteurs d'adoption de la traction animale, de production ou d'inefficacité technique sont nuls, sauf la constante. Ensuite, nous allons tester les hypothèses selon lesquelles les coefficients individuels des variables explicatives des modèles sont nuls.

Le tableau IV.5 résume les tests sur l'ensemble des coefficients de l'adoption de la traction animale, de la frontière de production et des effets d'inefficacité technique. Les résultats indiquent que les coefficients des variables socioéconomiques incluses dans le modèle d'adoption de la traction animale sont significatifs au seuil de 1%. Le nombre des actifs, le crédit agricole, l'âge et le niveau d'éducation des chefs de ménage ont conjointement un effet très significatif sur la probabilité d'adoption de la traction animale.

Les facteurs de production retenus pour expliquer la production cotonnière et les facteurs socioéconomiques et institutionnels retenus pour expliquer l'inefficacité technique sont significatifs au seuil de 1%, quel que soit le type d'exploitation cotonnière considéré. La terre, le travail, la fumure organique, les engrais chimiques, les traitements chimiques et le temps ont conjointement un effet fortement significatif sur le niveau de la production. De même, le crédit agricole, le

nombre d'actifs, l'âge des actifs, le nombre de parcelles et le temps ont conjointement un effet très significatif sur les niveaux d'inefficacité technique.

Tableau IV.5: Tests d'hypothèse sur les paramètres des modèles

Hypothèses Nulles	Ratio de vraisemblance	Statistique du khi deux	Décision
Modèle d'adoption de la traction animale			
$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 0$	30	*13,27	Rejeté au seuil de 1%
Exploitations à traction animale			
$H_0 : \alpha_j = \alpha_t = \alpha_{tt} = \alpha_{jk} = \alpha_{jt} = 0$	204	**48,278	Rejeté au seuil de 1%
$H_0 : \beta_j = \beta_t = \beta_{tt} = \beta_{jk} = \beta_{jt} = 0$	58	***38,932	Rejeté au seuil de 1%
Exploitations à traction manuelle			
$H_0 : \alpha_j = \alpha_t = \alpha_{tt} = \alpha_{jk} = \alpha_{jt} = 0$	194	**48,278	Rejeté au seuil de 1%
$H_0 : \beta_j = \beta_t = \beta_{tt} = \beta_{jk} = \beta_{jt} = 0$	52	***38,932	Rejeté au seuil de 1%

Source : Estimations sur eviews et Frontière 4.1

\*khi deux à 4 degrés de liberté / \*\*khi deux à 28 degrés de liberté / \*\*\*khi deux à 21 degrés de liberté

Les tests de signification d'ensemble ont permis de montrer que les coefficients des facteurs d'adoption de la traction animale, de production ou d'inefficacité technique ont des effets conjoints très significatifs. Toutefois, ces tests ne révèlent pas la signification individuelle de chaque variable explicative sur la variable dépendante.

Les tableaux IV.6, IV.7 et IV.8 permettent d'apprécier la signification individuelle des coefficients des facteurs d'adoption de la traction animale, de production ou d'inefficacité technique dans les exploitations cotonnières. La plupart des coefficients individuels du modèle de choix de la traction animale sont significatifs. Le nombre d'actifs, le crédit agricole et le niveau d'éducation du chef de ménage ont un effet individuel significatif sur la probabilité d'adoption de la traction animale. Cependant, l'âge du chef d'exploitation a un effet non significatif sur la probabilité d'adoption de la traction animale (tableau IV.6).

Tableau IV.6: Résultats de l'adoption de la traction animale<sup>17</sup>

Variables	Paramètres	Probabilités
Constante	0,220	0,510
Actifs	*0,032	0,07
Crédit	***1,19.10 <sup>-6</sup>	0,000
Age c	-0,022	0,49
Age c <sup>2</sup>	1,32.10 <sup>-4</sup>	0,64
Educ c	*0,338	0,06

Source : Estimations sur eviews / \*\*\*Significatif au seuil de 1% \*Significatif au seuil de 10%

La fumure organique, les engrais chimiques, les traitements chimiques, la superficie emblavée et le travail ont des effets individuels directs, quadratiques ou croisés significatifs sur la production cotonnière quel que soit le type d'exploitation cotonnière. Les engrais chimiques, la terre et le travail ont des impacts individuels directs significatifs sur les exploitations cotonnières. Contrairement aux exploitations à traction manuelle, la fumure organique et le temps ont des effets individuels très significatifs sur la production de coton des exploitations à traction animale. Par contre, les traitements chimiques n'ont un effet direct significatif sur la production de coton que dans les exploitations à traction manuelle.

La fumure organique, les traitements chimiques et la terre ont individuellement des effets quadratiques significatifs sur les exploitations cotonnières. Les engrais chimiques et le temps ont également des effets quadratiques fortement significatifs sur la production de coton, mais seulement dans le cas des exploitations à traction animale. Toutefois, le travail n'a pas un effet quadratique significatif sur la production de coton. Les interactions entre les facteurs de production ont également des effets significatifs sur la production cotonnière. Par exemple, les combinaisons fumure organique et engrais chimique puis fumure organique et traitements chimiques ont des effets significatifs sur la production cotonnière (tableau IV.7).

<sup>17</sup> Les résultats des estimations du modèle d'adoption de la traction animale sont présentés à l'annexe 4.

Tableau IV.7 : Estimation des paramètres de la frontière de production<sup>18</sup>

Variables	Exploitations à traction animale		Exploitations à traction manuelle	
	Paramètres	t-Student	Paramètres	t-Student
Constante	***3,971	4,21	***2,646	2,59
ln(fum)	***-0,209	-8,10	-0,025	-0,38
ln(eng)	***0,299	2,94	***0,524	3,51
ln(tch)	0,208	1,08	*-0,320	-1,67
ln(ter)	***0,821	3,19	***1,102	3,23
ln(tra)	*0,488	1,85	**0,911	2,03
ln(fum)2	***-0,006	-3,76	***0,022	2,73
ln(eng)2	***0,028	8,36	0,006	1,27
ln(tch)2	***0,020	4,67	***0,025	4,29
ln(ter)2	***0,187	11,87	***0,152	2,91
ln(tra)2	-0,007	-0,30	-0,009	-0,16
ln(fum)ln(eng)	***-0,005	-5,68	***0,016	4,95
ln(fum)ln(tch)	***-0,008	-3,53	**0,015	-2,30
ln(fum)ln(ter)	***-0,021	-3,20	-0,009	-0,45
ln(fum)ln(tra)	***0,048	11,48	0,020	1,36
ln(eng)ln(tch)	-0,001	-0,21	0,003	1,01
ln(eng)ln(ter)	-0,027	-1,45	*-0,036	-1,92
ln(eng)ln(tra)	*-0,034	-1,67	***-0,117	-3,01
ln(tch)ln(ter)	-0,042	-1,08	0,009	0,30
ln(tch)ln(tra)	-0,030	-0,71	**0,102	2,26
ln(ter)ln(tra)	***-0,112	-2,64	-0,111	-1,36
t	***-0,354	-7,18	0,068	0,30
t2	***-0,043	-5,90	0,022	0,79
tln(fum)	***-0,009	-5,62	-0,001	-0,21
tln(eng)	***-0,039	-5,47	***0,092	3,89
tln(tch)	0,019	1,50	**0,066	-2,41
tln(ter)	***-0,064	-4,88	-0,082	-1,16
tln(tra)	***0,136	11,43	*-0,065	-1,66
Rm	0,056	0,97	***-0,383	-4,51

Source : Estimations sur Frontier 4.1

\*\*\* Significatif au seuil de 1% \*\* Significatif au seuil de 5% \* Significatif au seuil de 10%

Dans le cas des exploitations à traction manuelle, le nombre d'actifs, le nombre de parcelles exploitées, le temps et le crédit agricole ont chacun un effet individuel direct ou quadratique significatif sur l'inefficacité technique. Le crédit agricole et le nombre d'actifs ont individuellement un effet quadratique significatif sur l'inefficacité technique. Les interactions entre le nombre d'actifs et l'âge des actifs, l'âge des actifs et le nombre de parcelles, le crédit agricole et le nombre de

<sup>18</sup> Les résultats des estimations des frontières de production sont présentés dans les annexes 7 et 8.

parcelles, le temps et le crédit agricole, le temps et l'âge des actifs ont des effets significatifs sur l'inefficacité technique. Cependant, au niveau des exploitations à traction animale, le crédit agricole, le nombre de parcelles exploitées et le temps ont chacun un effet quadratique significatif sur l'inefficacité technique. Le nombre de parcelles et le crédit agricole en interaction avec le temps ont des impacts fortement significatifs sur l'inefficacité technique. De même, l'interaction entre l'âge des actifs et le nombre de parcelles emblavées a un effet significatif sur l'inefficacité technique (tableau IV.8).

Tableau IV.8 : Estimation des paramètres des effets d'inefficacité technique<sup>19</sup>

Variables	Exploitations à traction animale		Exploitations à traction manuelle	
	Paramètres	t-Student	Paramètres	t-Student
Constante	0,355	0,35	-0,420	-0,44
ln(credit)	-0,064	-0,15	0,177	0,57
ln(actifs)	0,314	0,30	***-9,923	-4,75
ln(age a)	-0,523	-0,52	0,497	0,60
ln(parc)	*-1,075	-1,67	**2,618	2,39
ln(credit)2	*-0,008	-1,71	*-0,014	-1,93
ln(actifs)2	-0,065	-0,25	**0,312	2,00
ln(age a)2	0,048	0,17	-0,043	-0,18
ln(parc)2	*-0,316	-1,86	-0,184	-0,52
ln(credit)ln(actifs)	0,020	0,37	-0,028	-1,30
ln(credit)ln(age a)	0,051	0,46	-0,068	-0,80
ln(credit)ln(parc)	-0,010	-0,41	*0,036	1,69
ln(actifs)ln(age a)	-0,051	-0,12	***2,679	4,32
ln(actifs)ln(parc)	-0,262	-0,97	0,292	1,20
ln(age a)ln(parc)	*0,348	1,65	*-0,725	-1,91
t	-0,252	-0,25	***3,259	2,82
t2	*-0,157	-1,80	-0,078	-0,53
tln(credit)	***-0,037	-2,88	*0,047	1,90
tln(actifs)	0,195	1,03	-0,069	-0,38
tln(age a)	0,247	0,87	*-0,650	-1,80
tln(parc)	***0,366	3,36	-0,054	-0,24
Rm	-0,658	-0,92	*-1,154	-1,89
$\sigma^2$	***0,462	8,44	***0,355	6,10
$\gamma$	***0,999	81765	***0,999	9212027

Source : Estimations sur Frontier 4.1

\*\*\* Significatif au seuil de 1%

\*\* Significatif au seuil de 5%

\* Significatif au seuil de 10%

<sup>19</sup> Les résultats des estimations des frontières de production sont présentés dans les annexes 7 et 8.

Les résultats des analyses économétriques montrent que les estimations des frontières de production sont satisfaisantes et peuvent être utilisées à des fins d'analyses économiques, de prévisions et de recommandations économiques.

### **IV.3 Analyse de la technologie de production**

Cette section analyse les déterminants du choix de la technologie de production et met en évidence les caractéristiques des technologies de production des exploitations cotonnières burkinabè.

#### **IV.3.1 Les déterminants de l'adoption de la traction animale**

Les résultats du modèle d'adoption de la technologie de production sont résumés dans le tableau IV.9. Les résultats montrent que c'est l'effet combiné de facteurs socioéconomiques et techniques qui détermine le choix de la technologie de production. La probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale augmente significativement avec le nombre des actifs, le montant des crédits agricoles et le niveau d'éducation du chef de ménage. Toutefois, l'âge du chef d'exploitation n'a aucun effet significatif sur la probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale.

Le niveau d'éducation du chef de ménage est la variable la plus importante ; si le chef d'exploitation sait lire et écrire, la probabilité que l'exploitation adopte la traction animale augmente d'environ 0,13. Ce résultat indique que les personnes ayant reçu une éducation formelle en milieu rural contribuent énormément à la vulgarisation des nouvelles technologies. Toute politique visant à encourager l'adoption de la traction animale devrait reposer sur ces personnes. Ce groupe de personnes éduquées peut constituer un moteur du changement de mentalité et générer un effet d'entraînement des autres producteurs sur les effets bénéfiques potentiels de la traction animale.

La probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale augmente de 0,012 pour chaque actif supplémentaire. Ce résultat peut s'expliquer par le fait

que l'utilisation de la traction animale requiert un nombre minimum de travailleurs. L'utilisation de la traction animale exige deux à trois personnes, en général une personne pour attraper la charrue, une personne pour inciter l'animal à avancer et souvent un enfant pour tirer l'animal dans une direction déterminée. C'est un argument purement technique qui justifie le fait que la probabilité d'adoption de la traction animale augmente avec le nombre d'actifs. C'est pourquoi la plupart du temps ce sont les ménages d'une certaine taille qui sont plus disposés à adopter la traction animale au Burkina Faso (Faure, 2007).

Enfin, le montant des crédits agricoles est déterminant dans l'augmentation de la probabilité d'adoption de la traction animale. La probabilité qu'une exploitation cotonnière adopte la traction animale augmente de 0,045, si son crédit de campagne augmente de 100 000 FCFA. Ce résultat montre l'importance des crédits d'équipement sur l'adoption de la traction animale. Toutefois, cette étude a montré au chapitre III qu'une part négligeable des crédits agricoles (2,7%) était destinée à l'acquisition d'équipements agricoles modernes.

Tableau IV.9 : Effets marginaux de l'adoption de la traction animale

Variables	Effets marginaux
Constante	0,072
Actifs	*0,012
Credit	***4,50.10 <sup>-7</sup>
Age_c	-0,003
Educ_c	*0,128
$\phi(.)$	0,38

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

\*\*\* Significatif au seuil de 1% \* Significatif au seuil de 10%  $\phi(.)$  est la densité normale standard.

L'effet marginal (à la moyenne) de chaque caractéristique du ménage sur la probabilité d'adoption de la traction animale est obtenu en multipliant son paramètre par  $\phi(.)$ .

#### IV.3.2 Caractérisation de la technologie de production des exploitations

Pour caractériser les technologies de production des exploitations cotonnières, nous allons étudier les effets marginaux, l'allocation des facteurs, les élasticités de production, les rendements d'échelle et les possibilités de substitution entre les facteurs à la moyenne arithmétique des facteurs de production.

### (i) Les effets marginaux

Les effets marginaux des facteurs de production sont présentés dans le tableau IV.10. Les traitements chimiques en herbicide et en insecticide ont des effets marginaux positifs sur la production des exploitations cotonnières. Chaque litre supplémentaire d'insecticide et d'herbicide appliqué à une exploitation cotonnière à traction animale rapporte annuellement 9,98 kg de coton. Ces effets marginaux sont croissants avec le temps et indiquent que les exploitations à traction animale ont des possibilités pour accroître leurs productions cotonnières. Les effets marginaux sont passés en 2001 de 2,48 kg de coton par litre supplémentaire d'insecticide et d'herbicide appliqué à 14,24 kg de coton en 2004.

Les exploitations à traction manuelle enregistrent une productivité marginale par litre supplémentaire d'insecticide et d'herbicide plus élevée avec une moyenne annuelle de 27 kg de coton. Toutefois, ces effets marginaux sont décroissants dans le temps en passant de 40,80 kg de coton par litre en 2001 à 12,29 kg de coton par litre en 2004. Ces résultats sont tout à fait logiques car le tableau III.24 a montré que sur la période d'étude le nombre de litres d'insecticide et d'herbicide appliqué à l'hectare a connu une hausse continue dans les exploitations à traction animale et une baisse dans les exploitations à traction manuelle.

Le facteur travail a une productivité marginale positive sur la production cotonnière quel que soit le type d'exploitation cotonnière. Sur la période d'étude, chaque homme-jour supplémentaire de travail rapporte en moyenne au cours d'une campagne cotonnière 4,4 kg de coton dans les exploitations à traction animale. Ces effets marginaux sont croissants dans le temps et vont de 2,08 kg de coton en 2001 à 5,99 kg de coton en 2004. Le niveau de travail n'a pas encore atteint le seuil où la productivité marginale devient décroissante. Ce résultat montre qu'une augmentation de la main-d'œuvre permet d'accroître la production cotonnière dans les exploitations à traction animale. Cependant, dans les exploitations à traction manuelle, chaque homme-jour supplémentaire de travail rapporte annuellement sur

la période d'étude 2,28 kg de coton. Les productivités marginales du facteur travail sont décroissantes avec le temps ; elles passent de 4,5 kg de coton en 2001 à 0,37 kg de coton en 2004.

Les engrais chimiques NPK et urée ont des effets marginaux positifs sur la production cotonnière. Chaque kilogramme supplémentaire de NPK associé à l'urée rapporte annuellement 0,74 kg de coton dans les exploitations à traction animale. Les productivités marginales sont décroissantes et passent de 1,26 kg de coton en 2001 à 0,39 kg de coton en 2004. Dans le cas des exploitations à traction manuelle, chaque kilogramme supplémentaire de NPK associé à l'urée rapporte en moyenne 0,94 kg de coton. Les effets marginaux sont croissants dans le temps et sont passés de 0,66 kg de coton par kg d'engrais chimiques en 2001 à 1,58 kg de coton en 2004. L'augmentation de la quantité d'engrais chimiques permet donc d'accroître la production cotonnière dans les exploitations à traction manuelle.

La terre et la fumure organique ont des effets marginaux négatifs sur la production cotonnière dans les exploitations à traction animale. Chaque hectare supplémentaire de terre emblavée entraîne annuellement une réduction de la production cotonnière de 93,17 kg. Ces effets marginaux décroissants et négatifs en général prennent de l'ampleur avec le temps. Alors que chaque hectare supplémentaire de terre rapportait 19,12 kg de coton en 2001, en 2004 tout hectare supplémentaire réduisait la production cotonnière de 148,98 kg. De même chaque unité supplémentaire de charrette de fumure organique réduit annuellement la production de coton de 13,92 kg. Les productivités marginales de la fumure organique sont négatives et décroissantes dans le temps. Alors qu'une charrette supplémentaire de fumure organique réduisait la production de coton de 6,66 kg en 2001, en 2004 son impact négatif sur la production a atteint les 16,43 kg de coton.

Ces résultats apparemment irrationnels dans le cas des exploitations à traction animale pourraient s'expliquer par l'absence de marchés de la terre et de la fumure organique. Ces deux facteurs ont un prix quasiment nul, ce qui fait que les

exploitations à traction animale qui disposent d'une grande capacité d'extension des terres cultivables et de collecte de la fumure organique peuvent se retrouver avec des effets marginaux négatifs.

La terre et la fumure organique ont des productivités marginales positives sur la production cotonnière des exploitations à traction manuelle. Chaque hectare supplémentaire de terre emblavée entraîne annuellement un accroissement de la production cotonnière de 219,72 kg. Ces effets marginaux sont décroissants, mais demeurent assez importants avec le temps. En 2001, chaque hectare supplémentaire de terre rapportait 368,41 kg de coton et en 2004, chaque hectare supplémentaire de terre rapportait encore une production cotonnière importante de 79,58 kg. De même, dans le cas de la fumure organique, tout apport supplémentaire d'une charrette accroît en moyenne la production cotonnière de 135,65 kg. Ces productivités marginales sont croissantes avec le temps et sont passées de 67,80 kg de coton en 2001 à 408,37 kg de coton en 2004. Ces résultats montrent que dans le cas des exploitations à traction manuelle une extension des terres emblavées et une augmentation de la quantité appliquée de fumure organique peuvent accroître considérablement la production cotonnière.

Tableau IV.10 : Les effets marginaux des facteurs de production à la moyenne arithmétique des inputs

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Fumure o.	*-6,66	*-15,96	*-13,84	*-16,43	*-13,92	*67,80	*121,77	*56,07	*408,37	*135,65
Engrais ch.	*1,26	*0,91	*0,76	*0,39	*0,74	*0,66	*0,79	*1,09	*1,58	*0,94
Traitements	*2,48	*7,03	*11,09	*14,24	*9,98	*40,80	*29,43	*19,26	*12,29	*27,00
Terre	*19,12	*-20,16	*-137,43	*-148,98	*-93,17	*368,41	*240,23	*131,32	*79,58	*219,72
Travail	*2,08	*2,95	*4,76	*5,99	*4,40	*4,50	*2,36	*1,16	*0,37	*2,28

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004 /\* Significatif au seuil de 10% ou moins

L'analyse des effets marginaux montre qu'il est techniquement possible d'accroître la production cotonnière des exploitations en augmentant les quantités utilisées de certains facteurs. Toutefois, pour que l'augmentation d'une unité de facteur de production soit rentable, il faut que la production supplémentaire de coton espérée en valeur monétaire soit suffisamment élevée pour couvrir le prix d'achat de ce

facteur. L'analyse du niveau de l'allocation des facteurs de production permet de juger de l'opportunité d'une exploitation cotonnière à augmenter la quantité de ses facteurs.

(ii) L'allocation des facteurs de production

Le tableau IV.11 met en évidence une mauvaise allocation de tous les facteurs de production dans les exploitations cotonnières. A l'exception de la terre et de la fumure organique pour les exploitations à traction manuelle, dans les conditions actuelles des prix du coton et des facteurs de production, les exploitations cotonnières n'ont pas d'intérêt monétaire à augmenter l'utilisation des intrants même si leurs effets marginaux sont positifs. Au regard des prix du coton et des facteurs, tous les facteurs de production sont sur-utilisés dans les exploitations à traction animale. Si on considère les prix actuels du coton et des intrants, les exploitations à traction animale devraient réduire les quantités utilisées de tous les facteurs de production pour améliorer leurs profits.

Au niveau des exploitations cotonnières à traction manuelle, compte tenu de leurs prix, les engrais chimiques, les traitements chimiques et le facteur travail sont sur-utilisés. Cependant, la fumure organique et la terre sont sous-utilisées. Si on considère les prix actuels du coton et des intrants, les exploitations à traction manuelle devraient réduire les quantités utilisées des engrais chimiques, des traitements chimiques et du travail et augmenter l'utilisation de la fumure organique et les surfaces cultivées pour augmenter leurs profits.

Ces résultats justifient économiquement les « Pratiques paysannes » qui consistent à ne pas respecter intégralement les normes techniques recommandées par les services spécialisés de l'agriculture. La plupart du temps, les quantités d'intrants chimiques et organiques effectivement achetées et utilisées sont largement inférieures à celles qui auraient dues être utilisées pour maximiser les rendements de la production cotonnière (tableau III.23). Les niveaux de prix ne sont donc pas favorables à l'intensification de la production dans les exploitations cotonnières.

Tant que la productivité marginale en valeur d'un facteur n'est pas supérieure ou égale à son prix, le producteur ne peut pas continuer d'augmenter l'utilisation de ce facteur. Avec la structure actuelle des prix, dans la majorité des cas, le revenu supplémentaire tiré de l'utilisation d'une unité additionnelle d'un intrant est inférieur au prix d'achat de ce dernier. Par conséquent, il ne serait pas rentable pour un producteur burkinabè de respecter les normes techniques recommandées par les spécialistes aux prix actuels des intrants (NPK, urée, insecticide et herbicide) et du coton. L'apparente résistance des producteurs à l'adoption intégrale des paquets technologiques a donc une justification économique.

Les paysans sont bien rationnels et ces pratiques sont efficaces compte tenu des prix du coton et des facteurs. Ces résultats expliquent les détournements des intrants destinés au coton vers d'autres cultures ou le marché pour la revente. Dans ces conditions de prix des facteurs et du coton, la production cotonnière tend à devenir une stratégie des producteurs pour acquérir facilement des intrants à crédit afin de développer d'autres cultures plus attrayantes ou revendre ces intrants pour résoudre d'autres contraintes financières. La généralisation d'une telle pratique pourrait augmenter les risques de non remboursement des crédits et compromettre le développement de la production cotonnière.

Les sociétés cotonnières, les producteurs de coton et l'Etat devraient prendre des initiatives pour revaloriser le prix du coton et/ou la baisse des prix des facteurs de production pour bénéficier de gains substantiels. Pour une plus grande adoption et respect des normes techniques des facteurs, toute politique en la matière devrait prendre en compte la rentabilité financière des recommandations techniques pour le producteur.

Tableau IV.11 : Efficacité allocative

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Fumure O.	-1,55	-3,70	-3,21	-4,04	-3,31	15,77	28,27	13,00	100,40	32,34
Engrais Ch.	0,93	0,67	0,58	0,28	0,55	0,48	0,58	0,84	1,14	0,70
Traitements	0,08	0,22	0,32	0,49	0,32	1,28	0,92	0,55	0,42	0,84
Terre	0,67	-0,70	-4,78	-5,49	-3,35	12,86	8,36	4,57	2,93	7,68
Travail	0,36	0,51	0,83	1,10	0,79	0,79	0,41	0,20	0,07	0,40

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

### (iii) Elasticités de production et rendements d'échelle

Une des questions les plus importantes pour l'exploitation cotonnière est de savoir si la production est efficace à petite échelle ou à grande échelle. L'analyse des rendements d'échelle permet de renseigner cette interrogation. Le tableau IV.12 montre que les rendements d'échelle des exploitations cotonnières sont décroissants quelle que soit la technologie de production utilisée.

En moyenne sur la période d'étude, si on augmente tous les facteurs de production de 1%, la production cotonnière augmente de 0,48% dans les exploitations à traction animale. Les rendements d'échelle ont connu un faible accroissement en passant de 0,43% en 2001 à 0,53% en 2004. L'essentiel de cet accroissement sur la période d'étude vient respectivement de l'élasticité de production des facteurs travail (0,48%), des engrais chimiques (0,10%), des traitements chimiques (0,05%). Les élasticités de production des facteurs terre (0,10%) et fumure organique (0,05%) ont contribué négativement à l'augmentation des rendements d'échelle.

L'augmentation de tous les facteurs de production de 1% dans les exploitations à traction manuelle accroît la production cotonnière de 0,90%. Les rendements d'échelle sont relativement plus élevés par rapport aux exploitations à traction animale. Toutefois, ils ont connu une allure décroissante passant de 1,13% en 2001 à 0,60% en 2004. Le tableau IV.12 indique que les élasticités de production des facteurs terre (0,27%) et travail (0,21%) ont contribué le plus au niveau des

rendements d'échelle, viennent ensuite la fumure organique (0,15%), les engrais chimiques (0,14%) et les traitements chimiques (0,13%).

Ces résultats montrent que quel que soit le type de technologie, tout accroissement de la taille de l'exploitation cotonnière, engendre une augmentation du coût moyen de production. Ce qui signifie que les exploitations cotonnières réalisent des déséconomies d'échelle avec l'extension des surfaces emblavées. L'organisation de l'exploitation cotonnière peut devenir inefficace quand il faut gérer une production d'une plus grande échelle. Les exploitations cotonnières de petites tailles sont donc plus efficaces que les exploitations de grandes tailles. La taille optimale de l'exploitation cotonnière devrait se situer à petite échelle de production. Les deux technologies de production ne sont donc pas favorables à l'émergence d'exploitations cotonnières modernes, compétitives et de grandes tailles à long terme.

Tableau IV.12 : Elasticités de production et rendements d'échelle à la moyenne des inputs

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Elasticité de production										
Fumure organique	*-0,03	*-0,04	*-0,04	*-0,06	*-0,05	*0,15	*0,14	*0,17	*0,11	*0,15
Engrais chimiques	*0,17	*0,14	*0,10	*0,06	*0,10	*0,07	*0,12	*0,18	*0,25	*0,14
Traitements chimiques	*0,01	*0,04	*0,06	*0,07	*0,05	*0,18	*0,15	*0,11	*0,06	*0,13
Terre	*0,03	*-0,03	*-0,14	*-0,17	*-0,10	*0,39	*0,32	*0,19	*0,12	*0,27
Travail	*0,25	*0,35	*0,51	*0,64	*0,48	*0,35	*0,22	*0,16	*0,06	*0,21
Rendements d'échelle	*0,43	*0,46	*0,48	*0,53	*0,48	*1,13	*0,94	*0,81	*0,60	*0,90

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004/\*Significatif au seuil de 10% ou moins

#### (iv) Les taux marginaux de substitution technique

Le taux marginal de substitution technique entre deux facteurs varie en fonction des quantités de facteurs utilisés. Il permet d'évaluer l'ampleur du taux d'échange entre deux facteurs lorsque le niveau de production est maintenu constant. Les taux marginaux de substitution technique entre les facteurs de production sont résumés dans le tableau IV.13.

En renonçant à une charrette de fumier, une exploitation cotonnière à traction animale doit acquérir respectivement 0,58 kilogramme d'engrais chimiques, 1,15 litres de traitements chimiques, 0,26 hectare de terre ou 0,10 homme-jour de travail pour conserver le même niveau de production. Il faut davantage d'engrais chimiques (1,27 kilogrammes), de traitements chimiques (1,18 litres), de terre (0,61 hectare) ou de travail (0,87 homme-jour) dans le cas d'une exploitation à traction manuelle.

La perte d'un kilogramme d'engrais chimiques doit être compensée par 3,83 litres de traitements chimiques, 0,14 hectare de terre ou 0,27 homme-jour de travail dans une exploitation à traction animale pour que le niveau de production reste constant. Dans le cas d'une exploitation à traction manuelle, il faut 1,35 litres de traitements chimiques, 0,71 hectare de terre ou 1,13 homme-jour de travail pour compenser la réduction d'un kilogramme d'engrais chimique.

Une exploitation à traction animale peut conserver son niveau de production en remplaçant un litre de traitement chimique par 0,42 hectare de terre ou 0,10 homme-jour de travail. Il faut davantage de terre (0,50 hectare) ou de travail (0,70 homme-jour) dans une exploitation à traction manuelle.

Ces résultats montrent que les exploitations cotonnières peuvent augmenter leurs gains potentiels en opérant de meilleures substitutions entre les facteurs compte tenu de leurs prix. Toutefois, cette substitution n'est pas infinie puisque les facteurs ne sont pas parfaitement substituables. Les exploitations cotonnières peuvent donc réduire leurs coûts de production tout en gardant le même niveau de production. Compte tenu des taux marginaux de substitution technique, une analyse du prix des facteurs (tableau III.25) montre par exemple que les engrais chimiques sont relativement moins coûteux par rapport aux facteurs traitements chimiques, terre, fumure organique et travail. Il est donc rentable pour une exploitation cotonnière de substituer davantage les traitements chimiques, la terre, la fumure organique et

le travail par les engrais chimiques. Ces différentes substitutions doivent toutefois tenir compte des normes techniques d'efficacité des facteurs.

Tableau IV.13 : Taux marginaux de substitution technique à la moyenne des inputs

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
FUM*ENG	0,18	0,27	0,46	1,03	0,58	2,20	1,23	0,95	0,45	1,27
FUM*TCH	2,49	1,04	0,79	0,87	1,15	0,87	0,94	1,49	1,80	1,18
FUM*TER	1,19	1,39	0,32	0,33	0,26	0,40	0,46	0,89	0,91	0,61
FUM*TRA	0,12	0,11	0,09	0,09	0,10	0,44	0,67	1,05	1,85	0,87
ENG*TCH	13,72	3,82	1,70	0,84	3,83	0,40	0,76	1,58	4,04	1,35
ENG*TER	6,55	5,08	0,69	0,32	0,14	0,18	0,37	0,94	2,05	0,71
ENG*TRA	0,67	0,39	0,19	0,09	0,27	0,20	0,54	1,11	4,14	1,13
TCH*TER	0,48	1,33	0,40	0,38	0,42	0,45	0,48	0,59	0,51	0,50
TCH*TRA	0,05	0,10	0,11	0,11	0,10	0,50	0,71	0,70	1,03	0,70

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

L'analyse de l'efficacité de l'utilisation des facteurs et du progrès technique permet de savoir si les exploitations cotonnières ont la possibilité d'accroître leurs niveaux de productivité globale des facteurs.

#### IV.4 Efficacité technique et productivité globale des facteurs

Cette section fait une analyse comparée des niveaux d'efficacité technique des exploitations cotonnières à traction animale et à traction manuelle. Elle explore également les éventuels facteurs explicatifs de l'inefficacité technique et les sources de croissance de la productivité globale des facteurs.

##### IV.4.1 Les niveaux d'efficacité technique

Les niveaux d'efficacité technique spécifiques à chaque exploitation cotonnière selon le type de technologie utilisée lors des campagnes agricoles de 2001 à 2004 sont présentés dans l'annexe 1. Les résultats montrent une forte variabilité des niveaux d'efficacité technique dans une même exploitation cotonnière et d'une exploitation cotonnière à l'autre au cours du temps et selon la technologie adoptée. En moyenne, sur la période d'étude, le niveau d'efficacité technique des exploitations cotonnières varie entre 13% et 95%. Les exploitations cotonnières

produisent en deçà de leurs capacités de production ; elles n'utilisent que 59% de leurs potentiels de production. Le niveau d'efficacité technique est quasiment stable avec une légère tendance baissière passant de 69% en 2001 à 58% en 2002 et 2003 et enfin à 57% en 2004.

L'analyse individuelle des niveaux d'efficacité technique par exploitation cotonnière montre des variations considérables d'une année à l'autre et entre les exploitations cotonnières. Ces résultats indiquent que les exploitations cotonnières ont des difficultés à capitaliser leurs acquis en augmentant dans le temps leurs niveaux d'efficacité technique dans la production cotonnière.

Le tableau IV.14 permet de mener une analyse plus fine de l'efficacité technique selon la technologie utilisée. Les résultats montrent que les niveaux d'efficacité technique varient entre 14,5% et 99% pour les exploitations à traction animale et entre 18,9% et 99% pour les exploitations à traction manuelle. Les exploitations cotonnières à traction animale (59,9%) et les exploitations à traction manuelle (60,4%) ont un niveau d'efficacité technique quasiment identique et présentent une tendance à la baisse de 2001 à 2004. Ces niveaux d'efficacité technique sont passés de 64,8% en 2001 à 52,6% en 2002 et environ 60% en 2003 et 2004 pour les exploitations à traction animale.

La tendance à la baisse des niveaux d'efficacité technique a été plus sensible au niveau des exploitations à traction manuelle en passant de 73,6% en 2001 à 60,3% en 2002 et 58,3% en 2003 et enfin à 42,7% en 2004. Toutefois, on remarque que les exploitations cotonnières à traction manuelle sont techniquement plus efficaces que les exploitations à traction animale de 2001 à 2003. A partir de la campagne agricole 2003, les exploitations cotonnières à traction animale sont devenues techniquement plus efficaces que les exploitations à traction manuelle (graphique IV.1). Tout se passe comme si les exploitations à traction animale amélioraient continuellement leurs niveaux d'efficacité technique au point de dépasser les

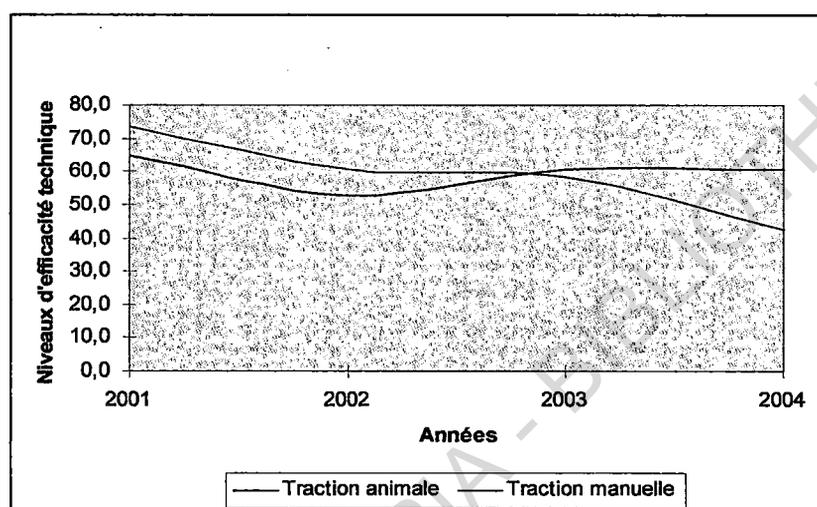
exploitations à traction manuelle qui ne disposent que de capacités limitées pour accroître leurs niveaux d'efficacité technique.

Tableau IV.14 : Niveaux d'efficacité technique selon le type d'exploitation cotonnière (%)

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Minimum	19,0	19,0	12,0	12,0	14,5	21,0	16,0	25,0	13,0	18,9
Maximum	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Moyenne	64,8	52,8	60,5	60,6	59,9	73,6	60,3	58,3	42,7	60,4

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

Graphique IV.1 : Evolution des niveaux d'efficacité technique



Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

La plupart des exploitations cotonnières utilisent au moins 50% de leurs potentiels de production (tableau IV.15). Au niveau des exploitations à traction animale, 17,4% utilisent moins de 25% de leurs capacités de production et 48,1% ont un niveau d'efficacité technique inférieur ou égal à 50%. Par contre, seulement 5,4% des exploitations à traction manuelle utilisent moins de 25% de leurs potentiels de production et 40,8% ont un niveau d'efficacité technique inférieur ou égal à 50%.

Les différents résultats mettent en évidence un important gaspillage de ressources productives dans les exploitations cotonnières burkinabè. Même sans ressources productives supplémentaires, une amélioration de l'usage technique des facteurs de

production permet aux exploitations cotonnières d'augmenter leurs niveaux de production de 1% à près de 75% environ.

Tableau IV.15 : Distribution cumulée des exploitations selon les niveaux d'efficacité technique (%)

Niveaux d'efficacité	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Inférieur à 25%	3,1	10,2	3,2	40,0	17,4	2,9	5,4	6,8	7,1	5,4
Inférieur à 50%	21,9	40,8	41,9	70,0	48,1	35,3	45,9	39,0	40,0	40,8
Inférieur à 75%	50,0	63,3	67,7	85,0	69,9	55,9	83,8	72,9	68,6	72,2

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

Les niveaux d'efficacité technique des exploitations cotonnières obtenus dans cette étude sont quasiment similaires à ceux déjà obtenus à partir de la frontière de production stochastique dans d'autres pays en développement. En Inde, Kalirajan (1981, 1991), Kalirajan et Shand (1986) ont trouvé que les exploitations de riz utilisaient environ 70% de leurs potentiels de production. Aux Philippines, Kalirajan (1984), Kalirajan et Flinn (1983) ont trouvé que les exploitations de riz utilisaient respectivement 63% et 50% de leurs capacités de production. Bravo-Ureta et Evenson (1994) ont montré qu'au Paraguay les exploitations cotonnières utilisaient 58% de leurs capacités de production. Une étude plus récente réalisée par Audibert (1997) au Mali montre que les exploitations de mil et de sorgho ont un niveau d'efficacité technique d'environ 52%.

Cependant, les résultats de l'étude ne sont pas tout à fait conformes aux attentes de Schultz (1964). Selon ce dernier, les technologies traditionnelles opèrent leurs frontières et sont normalement plus efficaces que les technologies modernes en raison du caractère traditionnel de l'organisation et la faiblesse des niveaux d'innovations. Les exploitations cotonnières à traction manuelle devraient donc être techniquement plus efficaces que les exploitations à traction animale. L'inefficacité technique des exploitations à traction manuelle burkinabè pourrait s'expliquer par le fait que, les producteurs s'adaptent permanemment à l'environnement productif en adoptant partiellement les innovations techniques. Au-delà des pratiques traditionnelles, elles adoptent les progrès agronomiques et

les paquets technologiques modernes. Toutefois, la maîtrise de ces nouvelles technologies nécessite un minimum de savoir-faire, d'où d'importants niveaux d'inefficacité technique dans les exploitations cotonnières à traction manuelle.

#### **IV.4.2 Les facteurs explicatifs des niveaux d'efficacité technique**

Les variables socioéconomiques et institutionnelles explicatives de l'inefficacité technique des exploitations cotonnières sont résumées dans le tableau IV.16. Les résultats montrent que toutes les variables incluses dans le modèle ont un effet significatif sur l'inefficacité technique dans le cas des exploitations à traction manuelle. Cependant au niveau des exploitations à traction animale, seul le crédit agricole et le nombre de parcelles exploitées ont un effet significatif sur l'inefficacité technique.

Le crédit agricole a une relation négative avec l'inefficacité technique quel que soit le type d'exploitation cotonnière. Chaque franc supplémentaire de crédit agricole permet de réduire l'inefficacité technique de  $2,3 \cdot 10^{-5}\%$  et de  $2,2 \cdot 10^{-4}\%$  respectivement dans les exploitations à traction animale et à traction manuelle. Par exemple pour un crédit coton supplémentaire de 100 000 FCFA, une exploitation à traction animale améliore son niveau d'efficacité technique de 2,3% et une exploitation à traction manuelle de 22%. Ce constat indique que plus les exploitations cotonnières bénéficient de crédits, plus elles sont techniquement efficaces. Ces conclusions montrent que les différentes interventions institutionnelles, pour soutenir la production cotonnière à travers le crédit, contribuent significativement à l'amélioration de l'efficacité technique, surtout dans les exploitations à traction manuelle.

Le nombre moyen de parcelles emblavées au cours d'une campagne agricole a une relation positive avec le niveau d'inefficacité technique quelle que soit la technologie de production adoptée. Chaque parcelle supplémentaire emblavée augmente l'inefficacité technique de 33% dans les exploitations à traction manuelle contre seulement 3,9% dans les exploitations à traction animale. Ces

résultats montrent que plus le nombre de parcelles exploitées est élevé, plus l'exploitation cotonnière est techniquement inefficace. L'utilisation de plusieurs parcelles de production par une exploitation cotonnière détériore très significativement les niveaux d'efficacité technique. Ce résultat met en évidence l'importance de la tenure foncière dans la production cotonnière.

Le nombre d'actifs employés dans l'exploitation cotonnière a une relation négative avec le niveau d'inefficacité technique des exploitations à traction manuelle. Chaque actif supplémentaire permet de réduire l'inefficacité technique de 5,6%. Donc, plus l'exploitation cotonnière à traction manuelle utilise de la main-d'œuvre, plus elle est efficace. Les exploitations cotonnières à traction manuelle semblent faire face à une contrainte de main-d'œuvre. Cependant, le nombre d'actifs employés dans les exploitations à traction animale n'a pas d'effet significatif sur l'inefficacité technique.

L'âge moyen des actifs de l'exploitation cotonnière a une relation positive avec le niveau d'inefficacité technique des exploitations à traction manuelle. Chaque année supplémentaire sur l'âge moyen des actifs entraîne une augmentation de l'inefficacité technique de 7,8%. Cela signifie que les exploitations dans lesquelles les actifs sont relativement plus âgés, sont moins efficaces que les exploitations cotonnières dans lesquelles les actifs sont relativement plus jeunes. Toutefois, l'âge moyen des actifs n'a pas d'effet significatif sur l'inefficacité technique dans les exploitations cotonnières à traction animale.

Tableau IV.16 : Effets marginaux des niveaux d'efficacité technique (%)

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
CREDIT	*-4,610 <sup>-6</sup>	*2,410 <sup>-5</sup>	*2,310 <sup>-5</sup>	*3,810 <sup>-5</sup>	*2,310 <sup>-5</sup>	*3,810 <sup>-4</sup>	*3,210 <sup>-4</sup>	*5,310 <sup>-5</sup>	*2,610 <sup>-5</sup>	*2,210 <sup>-4</sup>
ACTIFS	-2,7	-4,0	-8,2	-11,0	-7,6	*3,9	*3,3	*6,3	*13,0	*5,6
AGE A	-1,5	-2,4	-3,3	-4,2	-3,1	*-10,0	*-9,5	*-5,6	*-3,0	*-7,8
PARC	*15,0	*5,1	*-6,3	*-16,0	*-3,9	*-42,0	*-31,0	*-23,0	*-44,0	*-33,0

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004/\*Significatif au seuil de 10% ou moins

Les résultats de l'étude indiquent que, plus le cadre institutionnel de la production fonctionne bien, plus les exploitations cotonnières sont techniquement efficaces. Le niveau d'efficacité technique des exploitations à traction manuelle est plus sensible à la qualité de l'environnement institutionnel.

#### **IV.4.3 Les sources de la productivité globale des facteurs**

Le tableau IV.17 suggère une perte continue du niveau de productivité totale des facteurs dans les exploitations cotonnières sur la période de 2001 à 2004. La perte moyenne de la productivité totale des facteurs a été de 0,5% l'an dans les exploitations à traction animale. Cette perte de productivité a été deux fois plus importante au niveau des exploitations à traction manuelle (1,05%). Dans le chapitre théorique, nous avons mis en évidence quatre sources de gain de productivité totale des facteurs : (i) le taux de progrès technique, (ii) le taux de croissance de l'efficacité technique, (iii) le rôle des rendements d'échelle et (iv) le rôle de l'efficacité allocative.

##### **(i) Le progrès technique**

Les exploitations cotonnières à traction animale ont enregistré un taux de progrès technique moyen d'environ 0,04% sur la période d'étude. Ce taux a connu une régression progressive en passant de 0,11% en 2001 à -0,02% en 2004. En analysant le progrès technique selon ses composantes endogène et exogène, on se rend compte que ce sont les facteurs endogènes qui ont contribué réellement au taux de progrès technique.

Le taux de progrès technique endogène a permis à la frontière de production de se déplacer positivement au rythme de 0,52% l'an. Le niveau de la qualité du capital humain, l'apprentissage par la pratique et l'organisation interne des exploitations à traction animale expliquent donc l'essentiel du progrès technique. Ce progrès technique est fortement contrarié par des facteurs exogènes qui ont engendré un taux de régression technique exogène de 0,48% l'an, donnant ainsi un taux global

de progrès technique de 0,04%. Dans l'ensemble, le taux de progrès technique contribue d'environ 8% à augmenter le taux de croissance de la productivité globale des exploitations à traction animale.

Le taux de progrès technique des exploitations à traction manuelle (0,07%) est quasiment le double de celui des exploitations à traction animale. A l'exception de l'année 2004 où le taux de progrès technique a doublé (0,11%), il est relativement stable (environ 0,06%) sur la période de 2001 à 2003. La décomposition du progrès technique selon ses composantes endogène et exogène, permet de constater que les facteurs exogènes ont eu un rôle majeur dans le progrès technique.

Le taux de progrès technique exogène a permis à la frontière de production de se déplacer positivement au rythme de 0,12% l'an. Le savoir technique acquis par la formation, la vulgarisation des modules techniques, les innovations techniques, l'élaboration de nouveaux produits (semences améliorées) et l'ouverture des marchés sont donc les principales sources de progrès technique des exploitations cotonnières à traction manuelle.

Cependant, ce progrès technique est limité par des facteurs endogènes qui ont engendré un taux de régression technique endogène de 0,05% l'an, donnant ainsi un taux global de progrès technique de 0,07%. Le taux global de progrès technique contribue d'environ 6,67% à augmenter le taux de croissance de la productivité totale des exploitations à traction manuelle.

#### (ii) L'efficacité technique

Le tableau IV.17 montre que les exploitations cotonnières ont enregistré une perte d'efficacité technique sur toute la période d'étude. Le taux de décroissance de l'efficacité technique des facteurs a été de 0,51% l'an dans les exploitations à traction animale. Cette détérioration du niveau d'efficacité technique a été deux fois plus importante dans les exploitations à traction manuelle. Ces dernières ont enregistré en moyenne un taux de décroissance de l'efficacité technique des

facteurs de 1,18%. Le taux de décroissance de l'efficacité technique participe respectivement à hauteur de 102% et 112,38% à la perte de la productivité totale des facteurs dans les exploitations à traction animale et à traction manuelle. La perte de productivité totale des facteurs de production est donc essentiellement attribuable à la perte d'efficacité technique sur la période de 2001 à 2004. L'efficacité technique se révèle être la principale source de croissance de la productivité totale des facteurs dans les exploitations cotonnières.

### (iii) Le rôle des rendements d'échelle

Le tableau IV.12 a montré que les rendements d'échelle des exploitations cotonnières étaient décroissants quel que soit le type de technologie utilisée. Ce qui implique qu'une augmentation de tous les facteurs de production dans les mêmes proportions contribue à augmenter les pertes de la productivité totale des facteurs. Le tableau IV.17 montre que les rendements d'échelle pondérés ont un effet négatif de 0,02% sur le taux de croissance de la productivité totale des facteurs dans les exploitations à traction animale. Ce qui correspond à une contribution négative de 4% à la croissance de la productivité totale des facteurs.

Cependant, dans les exploitations à traction manuelle, les rendements d'échelle pondérés ont un effet positif de 0,01% sur le taux de croissance de la productivité totale des facteurs. Cela équivaut à une participation positive de 0,95% à la croissance de la productivité totale des facteurs. Ce dernier résultat signifie que les exploitations à traction manuelle ont enregistré sur la période d'étude une baisse générale des quantités des facteurs de production.

Les différents résultats suggèrent une mauvaise allocation des facteurs de production, puisque dans le chapitre théorique, nous avons montré que lorsque les facteurs de production sont biens alloués, les rendements d'échelle n'ont aucun effet sur la productivité totale des facteurs.

#### (iv) Le rôle de l'efficacité allocative

L'efficacité allocative matérialise l'effet des prix sur la productivité globale des facteurs. Le tableau IV.17 montre que l'inefficacité allocative réduit le taux de croissance de la productivité totale des facteurs de 0,03% l'an dans les exploitations à traction animale. Ce qui correspond à une contribution négative de 6% à la croissance de la productivité totale des facteurs.

Cependant, dans les exploitations à traction manuelle, l'inefficacité allocative augmente annuellement le taux de croissance de la productivité globale des facteurs de 0,06%. Ce qui équivaut à une contribution positive de 5,71% à la croissance de la productivité totale des facteurs. Ce résultat signifie que sur la période d'étude, les niveaux des prix ont permis aux exploitations à traction manuelle de réaliser une meilleure allocation des facteurs tout en profitant de meilleures combinaisons techniques.

Ces résultats montrent qu'une bonne tarification des facteurs et du coton permet d'intensifier l'utilisation des facteurs de production, de faire une meilleure allocation des facteurs et ainsi augmenter la productivité globale des facteurs.

Tableau IV.17 : Décomposition de la croissance de la productivité totale des facteurs (en %)

	Traction animale					Traction manuelle				
	2001	2002	2003	2004	Moy.	2001	2002	2003	2004	Moy.
Sources de la productivité										
Taux de progrès technique (i)	0,11	0,07	0,05	-0,02	0,04	0,06	0,06	0,05	0,11	0,07
Taux exogène	-0,40	-0,44	-0,48	-0,53	-0,48	0,09	0,11	0,13	0,16	0,12
Taux endogène	0,51	0,51	0,53	0,51	0,52	-0,03	-0,05	-0,08	-0,05	-0,05
Taux d'efficacité technique (ii)	-0,76	-0,73	-0,45	-0,31	-0,51	-1,27	-1,17	-1,16	-1,13	-1,18
Rôle rendements d'échelle (iii)	-	-0,06	-0,05	0,02	-0,02	-	0,00	-0,04	0,13	0,01
Rôle efficacité allocative (iv)	-	0,05	-0,05	-0,01	-0,01	-	-0,14	0,29	0,16	0,05
Taux de productivité globale	-	-0,67	-0,50	-0,32	-0,50	-	-1,25	-0,86	-0,74	-1,05

Source : Résultats de nos calculs sur la base de l'enquête, 2001-2004

#### **IV.5 Conclusion**

Dans l'ensemble, les résultats des estimations économétriques sont acceptables et mettent en évidence une bonne adéquation des modèles. Les modèles retenus ont été bien spécifiés; le recours à la frontière de production, à la partition endogène de l'échantillon et aux formes fonctionnelles translogarithmiques est pertinent dans la modélisation de la production des exploitations cotonnières.

Les variables incluses dans ces modèles contribuent conjointement à expliquer les variables dépendantes, quel que soit le groupe d'exploitation cotonnière. L'analyse de la validité statistique des coefficients individuels a montré la pertinence des résultats. Compte tenu de la qualité des estimations, les résultats peuvent être utilisés valablement à des fins d'interprétation, de prédictions et de recommandations économiques.

Les résultats ont montré qu'il est techniquement possible d'accroître la production cotonnière, toutefois la structure des prix du coton et des intrants constitue un handicap à l'expansion des exploitations cotonnières. Il ressort également que les exploitations cotonnières en plus de produire à rendements d'échelle décroissants, évoluent en deçà de leurs potentiels de production. Elles ont enregistré sur la période d'étude, une perte continue de la productivité globale des facteurs essentiellement expliquée par la baisse des niveaux d'efficacité technique.

## Conclusion Générale

---

### *Méthodologie et résultats de l'étude*

Cette thèse traite de l'effet de l'efficacité technique sur la productivité globale des facteurs de production dans les exploitations cotonnières burkinabè. Un modèle de frontière de production stochastique avec effets d'inefficacité technique incorporés a été utilisé pour étudier la capacité des exploitations cotonnières à utiliser efficacement leurs ressources productives. Les résultats de l'étude ont permis de caractériser les exploitations cotonnières burkinabè et de mettre en évidence les contraintes majeures qui limitent les perspectives de croissance de la productivité globale des facteurs.

La production cotonnière est organisée dans des exploitations de petites tailles (3,7 ha) produisant environ 3,07 tonnes de coton par campagne avec de faibles rendements (905,1 kg/ha). Les exploitations cotonnières sont caractérisées par de faibles taux d'équipement en traction animale (47,1%). L'adoption des intrants agricoles modernes est une réalité dans la plupart des exploitations cotonnières (plus de 70%), toutefois les doses appliquées à l'hectare sont en deçà des normes techniques recommandées par les résultats agronomiques. Les exploitations cotonnières disposent d'une main-d'œuvre relativement jeune (31,9 ans), peu qualifiée avec un faible taux d'alphabétisation (18,1%) et essentiellement d'origine familiale (75%).

L'exploitation cotonnière bénéficie d'un encadrement institutionnel privilégié des Groupements de Producteurs de Coton, des sociétés cotonnières, des services agricoles déconcentrés de l'Etat, des ONG/Projets et des institutions financières. Toutefois, le caractère traditionnel de la gestion de la tenure foncière constitue une entrave au développement de la production cotonnière. Malgré l'importance du dispositif institutionnel, la production cotonnière présente des inefficacités,

notamment au niveau de l'organisation des marchés et des mécanismes de fixation des prix des facteurs et du coton.

Les exploitations cotonnières ont enregistré une perte continue du niveau de productivité globale des facteurs sur la période de 2001 à 2004. Le taux de décroissance moyen de la productivité globale des facteurs a été de 0,5% dans les exploitations à traction animale et de 1,05% au niveau des exploitations à traction manuelle. Cette perte de productivité globale des facteurs de production est attribuée à la perte d'efficacité technique, à la faiblesse du taux de progrès technique, à l'inadéquation des politiques de prix et à l'inefficacité d'échelle.

La perte d'efficacité technique a été la principale source de décroissance de la productivité globale des facteurs (102% à 112%). Les exploitations cotonnières sont techniquement efficaces à environ 60%. Même sans ressources productives supplémentaires, une amélioration de l'usage technique des facteurs de production permet aux exploitations cotonnières d'augmenter en moyenne leurs niveaux de production de près de 40%.

De fortes instabilités des niveaux d'efficacité technique ont été constatées dans les exploitations cotonnières sur la période d'étude. L'effet combiné des facteurs socioéconomiques et institutionnels explique significativement les niveaux d'efficacité technique. L'âge des actifs, le nombre des actifs, le volume du crédit agricole et le nombre de parcelles emblavées ont été identifiés comme étant les facteurs explicatifs des niveaux d'inefficacité technique dans les exploitations cotonnières.

Ces résultats confirment les hypothèses qui ont été postulées dans cette étude. Les exploitations cotonnières sont techniquement inefficaces et les facteurs explicatifs de cette situation sont d'ordre socioéconomique et institutionnel. De même, l'hypothèse selon laquelle l'efficacité technique est la principale source de croissance de la productivité globale des facteurs est confirmée.

Les résultats de l'étude ont mis en évidence un faible taux de progrès technique dans les exploitations cotonnières (0,04% à 0,07%). La contribution du progrès technique à la croissance de la productivité globale des facteurs varie entre 6% et 8%. Il est techniquement possible d'accroître la production cotonnière en augmentant les quantités des intrants ; toutefois, aux niveaux actuels des prix, les exploitations cotonnières n'ont aucun intérêt monétaire à augmenter leurs utilisations. Pour la plupart des intrants, le gain monétaire additionnel lié à l'utilisation d'une unité supplémentaire est inférieur à leurs prix. C'est ce qui justifie le non respect des recommandations techniques et les détournements des intrants vers d'autres cultures plus attrayantes ou vers le marché. La seule option technique pour accroître la production cotonnière est d'opérer de meilleures substitutions techniques entre les facteurs compte tenu de leurs prix.

La politique des prix a été déterminante sur les niveaux de productivité globale des facteurs. L'inadéquation des politiques de prix avec les recommandations agronomiques explique les faibles rendements des exploitations cotonnières. Cette situation renforce l'inefficacité allocative et éloigne davantage les exploitations cotonnières de l'échelle de production efficace.

Les exploitations cotonnières produisent à rendements d'échelle décroissants, ce qui signifie que les coûts moyens augmentent avec la taille. Les paquets technologiques utilisés par les producteurs de coton ne sont donc pas favorables à l'émergence d'exploitations cotonnières modernes, compétitives et de grandes tailles à long terme. L'effet total moyen de la politique de prix sur la croissance de la productivité globale varie entre -6% et 5,7%.

### ***Recommandations économiques***

Les résultats de l'étude montre que des gains importants de productivité globale des facteurs sont encore possibles dans les exploitations cotonnières. En matière de politique de développement de la production cotonnière, nous proposons une politique de court/moyen terme susceptible de réduire rapidement les inefficacités

techniques et allocatives et une politique de long terme qui vise un changement structurel de la technologie de production. Nos recommandations aux décideurs publics, aux sociétés cotonnières et aux producteurs de coton pour améliorer la productivité globale des exploitations cotonnières reposent sur trois axes stratégiques :

(i) L'encadrement technique

Dans un environnement à faible niveau d'éducation, il faut mettre l'accent sur l'encadrement technique. La politique de développement des ressources humaines devrait reposer sur des modules techniques portant sur les meilleures pratiques de la culture de coton, la maîtrise et l'utilisation des nouvelles technologies de production. Cette formation devrait être très pratique et mettre en évidence l'intérêt économique que les producteurs de coton peuvent en tirer. L'alternance entre l'assimilation des connaissances théoriques et la pratique est indispensable. Cela suppose l'existence de services d'alphabétisation et de vulgarisation performants.

Le renforcement des capacités techniques des GPC devrait être une priorité permettant à terme de suppléer les institutions étatiques, les ONG et les sociétés cotonnières dans la formation technique. Cette approche permet de pérenniser l'activité de formation, de mieux toucher les producteurs de coton et de faciliter l'appropriation des nouvelles technologies. La maîtrise des technologies de production et le respect des recommandations techniques devraient permettre aux producteurs de bénéficier des effets d'apprentissage, de stabiliser et améliorer progressivement leurs niveaux d'efficacité technique.

(ii) Les mécanismes de fixation des prix du coton et des facteurs

Les prix du coton et des intrants constituent un signal qui permet aux producteurs d'ajuster efficacement leurs comportements d'offre de coton et d'achat des facteurs. En situation d'imperfections des marchés, la libéralisation des marchés n'implique pas forcément la concurrence. L'absence ou le mauvais fonctionnement

des marchés du coton burkinabè peut empêcher la baisse des prix des facteurs et la revalorisation des prix d'achat du coton graine dans un cadre libéralisé. La libéralisation partielle du marché de coton adoptée par le Burkina Faso ne peut être efficace que s'il existe un cadre institutionnel fiable qui permet de lutter contre les comportements opportunistes des acteurs de la filière et de rendre l'information plus parfaite.

Le recensement des besoins en intrants associant les organisations paysannes permet de pallier l'insuffisance de l'information sur les quantités nécessaires et la mise en place d'une caution solidaire dans le cadre du crédit intrant. Cette approche permet de bénéficier de prix plus faibles pour les intrants et sécuriser les remboursements. Le système de fixation de prix du coton et des facteurs avant le début de la campagne cotonnière permet de partager les risques liés aux anticipations du prix mondial. Toutefois, la politique de tarification devrait tenir compte des recommandations agronomiques pour une meilleure adoption des intrants modernes.

L'accord interprofessionnel signé entre les acteurs de la filière cotonnière burkinabè peut donc être un instrument efficace pour améliorer le fonctionnement des marchés. La réussite de cet accord dépend des arrangements institutionnels qui visent à favoriser durablement la coopération et à prévenir les comportements opportunistes. Les exploitations cotonnières seront d'autant plus efficaces que les prix issus de l'accord interprofessionnel seront favorables à l'innovation technologique. Les acteurs de la filière cotonnière devraient donc consolider l'accord interprofessionnel par cadre réglementaire efficace pour décourager toute tentative de s'écarter des règles du jeu.

Pour certains facteurs de production comme la terre, la fumure organique et le travail, l'Etat devrait mettre en place un cadre réglementaire et des instruments pour favoriser l'émergence d'un véritable marché de ces facteurs. Ce cadre réglementaire devrait tenir compte du réseau de capital social qui existe au niveau

des producteurs de coton. La mise en œuvre d'un cadre réglementaire qui garantit le respect des droits de propriétés permet d'accéder à des terres de taille suffisante pour optimiser les niveaux de production. Cette politique permettra de tendre vers une parcelle pour chaque exploitation cotonnière.

### (iii) Le progrès technique

Les exploitations cotonnières ne peuvent se développer et se pérenniser que si elles s'investissent dans l'amélioration et la modernisation du système de production. Il est impératif à terme de passer de la traction manuelle à la traction animale. Les résultats de l'étude ont montré que la traction animale permet d'augmenter les rendements d'environ 15%. Pour cela, il faut un changement structurel de la technologie de production pour espérer un progrès continu de la productivité totale des facteurs. La réponse à cette nécessité exige la mise en place d'un programme de crédit très souple destiné à l'acquisition de la traction animale au profit des producteurs de coton. Cela peut se faire sous forme de crédits-bails par le biais des GPC. Le matériel de traction animale peut rester la propriété du GPC jusqu'au remboursement final par le producteur acquéreur de l'outil.

Toutefois, la traction animale devrait être une solution intermédiaire pour le développement de la production cotonnière. Cette technologie, peu exigeante en ressources financières et en connaissances techniques devrait permettre une transition souple vers la traction motorisée. Les exploitations à traction animale étant à rendements d'échelle décroissants, cette technologie ne permet pas l'émergence d'exploitations cotonnières modernes, compétitives et de grandes tailles. Il faut à terme trouver une formule pour vulgariser l'utilisation du tracteur dans la production cotonnière. Cette technologie devrait permanemment être accompagnée par une amélioration des semences (variétés à haut rendement, semences sélectionnées, semences transgéniques), une production d'intrants chimiques et organiques plus efficaces à travers la recherche agronomique.

### *Limites et pistes de recherche future*

La présente étude comporte trois limites fondamentales liées à l'échantillonnage et à la définition de l'exploitation cotonnière. La première limite tient du fait que l'échantillonnage repose sur seulement deux provinces de la zone cotonnière SOFITEX. De même, le choix de trente ménages par site d'enquête (village) n'a pas un intérêt particulier puisque la région et le niveau national servent le plus souvent d'échelle d'analyse et de prises de décisions. Dans les recherches futures, il serait donc plus intéressant d'opter pour de petits échantillons et couvrir le maximum de zones et de régions cotonnières pour mieux capter les spécificités et les différences entre les exploitations cotonnières.

La seconde limite de cette étude provient du fait de considérer le ménage agricole comme unité d'observation sans stratification selon la pratique de la culture cotonnière. Il arrive souvent que l'échantillon de ménage agricole constitué de façon aléatoire sur le site d'étude ne comporte qu'un petit nombre de producteurs de coton. Cette procédure tend à donner un échantillon non représentatif des producteurs de coton. Dans les recherches futures sur le coton, il serait plus intéressant de stratifier les ménages agricoles selon l'appartenance à un Groupement de Producteur de Coton.

Le fait de considérer que l'exploitation agricole se résume à l'exploitation cotonnière dans cette étude est également restrictif. Dans la réalité, les exploitations agricoles en milieu rural burkinabè produisent plusieurs spéculations agricoles. Les mêmes outils de production sont souvent utilisés pour produire différentes spéculations, si bien qu'il est restrictif de mener une analyse sur une spéculation agricole tout en ignorant les effets des autres. Dans les recherches futures sur l'inefficacité technique, il serait plus réaliste de représenter la technologie de production par la fonction de distance qui permet de traiter des cas multioutputs dans les exploitations agricoles (Shephard, 1953,1970).

## Références Bibliographiques

---

- Aigner, D. J., et S. F. Chu. 1968.** “On Estimating the Industry Production Function”. *American Economic Review*. 58 : 826-839.
- Aigner, D. J., C. A. K. Lovell et P. J. Schmidt. 1977.** “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”. *Journal for Econometrics*. 6 : 21-37.
- Ajibefun, I. A., G. E. Battese et A. G. Daramola. 1996.** “Investigation of Factors Influencing the Technical Efficiencies of Smallholder Croppers in Nigeria”. *CEPA Working Papers* No 10.
- Akerlof, G. A. 1970.** “The Market of Lemons : Quality, Uncertainty and The Market Mechanism”. *Quarterly Journal of Economics*. 84: 488-500.
- Amara, N., N. Traoré, R. Landry et R. Romain. 1999.** “Technical Efficiency and Farmers' Attitudes Toward Technological Innovation: The Case of the Potato Farmers in Quebec”. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 47 : 31- 43.
- Amara, N. et R. Romain. 2000.** “Mesure de l'efficacité technique : Revue de la littérature”. *CREA, SR. 00.07*.
- Arrow, K. J., H. B. Chenery, B. S. Minhas, et R. M. Solow. 1961.** “Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency”. *Review of Economics and Statistics*.
- Arrow, K. J. 1974.** “Les Limites de l'Organisation”. *PUF*, Paris.
- Atkinson, E. S. and C. Cornwell. 1994.** “Estimation of Output and Input Technical Efficiency Using a Flexible Functional Form and Panel Data. *International Economic Review*. 35 : 245-255.

**Audibert, M. 1997.** “La Cohésion Sociale est-elle un Facteur de l’Efficience Technique des Exploitations Agricoles en Economie de Subsistance ?” *Revue d’économie du développement.* 3 : 69-90.

**Battese, G. E., et T. J. Coelli. 1988.** “Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalised Frontier Production Function and Panel Data”. *Journal of Econometrics.* 38: 387-399.

**Battese, G. E., et T. J. Coelli. 1991.** “Frontier Production Function, Technical Efficiency and Panel Data”. *Working paper.* University of New England.

**Battese, G. E. 1992.** “Frontier Production Functions and Technical Efficiency : A Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics”. *Agriculture Economic.* 7: 185-208.

**Battese, G. E., et T. J. Coelli. 1992.** “Frontier Production Function, Technical Efficiency and Panel Data With Application to Paddy Farmers in India”. *Journal of Productivity Analysis.* 3 : 153-169.

**Battese, G. E., et T. J. Coelli. 1995.** “A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data”. *Empirical Economics.* 20 : 325-332.

**Battese, G. E. et S. S. Broca. 1996.** “Functional Forms of Stochastic Frontier Production Functions and Models for Technical Inefficiency Effects : A Comparative Study for Wheat Farmers in Pakistan”. *CEPA working papers No 04.*

**Battese, G. E., et H. Sarfraz. 1998.** “Technical Efficiency of Cotton Farmers in Vehari District of Punjab Pakistan”. *CEPA working papers No 8.*

**Bauer, P. W. 1990.** “Recent Developments in Econometrics Estimation of Frontiers”. *Journal of Econometrics.* 46: 39-56.

- Bauer, P. W., et D. Hancock. 1993.** “The Efficiency of the Federal Reserve in Providing Check Processing Services”. *Journal of Banking and Finance*. 17 : 287-311.
- Belem, P. C. 1985.** “Coton et Système de Production dans l’Ouest du Burkina Faso”. *Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en géographie de l’aménagement*, 332 p. Université de Montpellier III.
- Bravo-Ureta, B. E., et R. E. Evenson. 1994.** “Efficiency in Agricultural Production : The Case of Peasant Farmers in Eastern Paraguay”. *Agricultural economics*. 10 : 27-37.
- Brousseau, E. 1997.** “Théories des Contrats Coordination Interentreprises et frontières de la firme”. *Economica*. Paris.
- Campagne, P., et G. Raymond. 1994.** “Le Coton en Afrique de l’Ouest : une Modernisation Réussie ?”. *Revue française d’économie*. Paris.
- Capalbo, S. M. 1988.** “Measuring the Components of Aggregate Productivity Growth in US Agriculture”. *Western Journal of Agricultural Economics*. 13 : 53-62.
- CEDRES-Laval, 1992-1995.** “Enquête permanente pour l’étude des impacts des politiques de restructuration économique sur les ménages ruraux”. *Série documents de travail*. Ouagadougou.
- Charnes, A., W. W. Cooper et E. Rhodes. 1978.** “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”. *Eur. J. of Oper. Res.* 2 : 429-444.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson et L. J. Lau. 1973.** “Transcendental Logarithmic Production Frontiers”. *Review of Economics and Statistics*. 55: 28-45.
- Cobb, C., et P. H. Douglas. 1928.** “A theory of production”. *American economic review*. 18: 139-65.

**Coelli, T. J. 1994.** “A Guide to FRONTIER, Version 4.0 : A Computer Program for Frontier Production Function Estimation”. *Mimeo, Department of Econometrics*. University of New England, Australia.

**Coelli, T. J. 1996.** “A Guide to FRONTIER, Version 4.1 : A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation”. *CEPA working paper No 07*. Australia.

**Coelli, T. J., D. S. P. Rao et G. E. Battese. 2000.** “An introduction to efficiency and productivity analysis”. *Kluwer Academic Publishers*. Boston/Dordrecht/London.

**Coelli, T. J., et D. S. P. Rao. 2003.** “Total Factor Productivity Growth in Agriculture : A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000”. *CEPA Working Paper Series No. 02/2003*.

**Combary, O. 2003.** “Efficacité Technique des Exploitations Cotonnières au Burkina Faso”. *Mémoire de D.E.A.* Université de Ouagadougou.

**DAGRIS. 2002.** [http : //WWW.dagris.fr](http://WWW.dagris.fr)

**Debreu, D. G. 1951.** “The Coefficient of Resource Utilisation”. *Econometrica*. 19 : 273-292.

**Deprins, D., et L. Simar. 1989.** “Estimation de Frontières Déterministes avec Facteurs Exogènes d’Inefficiency”. *Annales d’Economie et de Statistique*. 14 : 117-150.

**Fan, S. 1991.** “Effects of Technological Change and Institutional Reform on Production Growth in Chinese Agriculture”. *American Journal of Agricultural Economics*. 266-275.

**Färe, R., S. Grosskopf et C. A. K. Lovell. 1994.** “Production Frontiers”. *Cambridge University Press*. Cambridge. England.

- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris et Z. Zhang. 1994.** “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries”. *American Economic Review*. 84: 66-83.
- Farrell, M. J. 1957.** “The Measurement of Productive Efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A., General, 120, Part 3 : 253-281.
- Faure, G. 1994.** “Mécanisation et Pratiques Paysannes en Région Cotonnière au Burkina Faso”. *Agriculture et Développement*. 2 : 03-14.
- Faure, G. 2007.** L’exploitation agricole dans un environnement changeant. Innovation, aide à la décision et processus d’accompagnement. *Habilitation à diriger des Recherches*. Université de Bourgogne.
- Goldfeld, S. M., et R. E. Quandt. 1973.** “The estimation of Structural Shifts by Switching Regressions”. *Annals of Economic and Social Measurement*. 2: 475-85.
- Goreux, L., et J. Macrae. 2003.** “Réformes des filières cotonnières en Afrique Sub-Saharienne”. *World Bank*.
- Greene, W. H. 1980.** “Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Functions”. *Journal of Econometrics*. 13: 27-56.
- Greene, W. H. 2005.** “Econométrie”. *Pearson Education*, France.
- Guellec, D., et P. Ralle. 1996.** “Les nouvelles théories de la croissance”. *Editions la découverte*. Paris.
- Hayami, Yujiro, et Vernon Ruttan. 1985.** “Agricultural Development”. *An International Perspective*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Heckman, J. J. 1979.** “Sample Selection Bias as a Specification Error”. *Econometrica*. 47 : 153-161.
- Heshmati, A. 1994.** “Estimating Random Effects Production Function Models with Selectivity Biases : An Application to Swedish Crop Producers”. *Agricultural Economics*. 11 : 171-189.

- HIID. 1996.** “Politiques à adopter pour la Croissance Economique et la Réduction de la Pauvreté au Burkina Faso”. Ouagadougou.
- Huang, C. J., et J. T. Liu. 1994.** “Estimation of Non-Neutral Stochastic Frontier Production Fonction”. *Journal of Productivity Analysis*. 5 : 171-180.
- Huffman, W. E. 1993.** “Productivity Indexes and Returns to Research”. *Paper presented at the AAEA meeting*, Orlando, Florida.
- INSD. 1998.** “Le Profil de la Pauvreté du Burkina Faso”. Ouagadougou.
- INSD. 2006.** “Annuaire statistique”. Ouagadougou.
- Jondrow, J., C. A. Lovell, I. S. Materov et P. Schmidt. 1982.** “On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model”. *Journal of Econometrics*. 19 : 233-238.
- Kalirajan, K. P. 1981.** “An Econometric Analysis of Yield Variability in Paddy Production”. *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 29:283-294.
- Kalirajan, K. P. et J. C. Flinn. 1983.** “The Measurement of Farm-Specific Technical Efficiency”. *Pakistan journal of applied economics*. II : 1967-1980.
- Kalirajan, K. P. 1984.** “Farm-Specific Technical Efficiencies and Development Policies”. *Journal of economics studies*. 11 : 3-13.
- Kalirajan, K. P. et R. T. Shand. 1986.** “Estimating Location-Specific and Firm-Specific Technical Efficiency : An Analysis of Malaysian Agriculture”. *Journal of Economic Development*. 11 : 147-160.
- Kalirajan, k. P. 1990.** “On Measuring Economic Efficiency”. *Journal of Applied Econometrics*. 5 : 75-85.
- Kalirajan, K. P. 1991.** “The Importance of Efficient Use in the Adoption of Technology : A Micro Panel Data Analysis”. *Journal of Productivity Analysis*. 2 : 113-126.

- Kibria, M. G. et C. A. Tisdell. 1985.** “Productivity, Progress and Learning : The Case of Jute Spinning in Bangladesh”. *World Development*. 13 : 10-11.
- Konaté, S. 1990.** “Analyse des Déterminants de la Production Cotonnière au Burkina : une Approche Econométrique du cas des Hauts Bassins”. *Mémoire DEA*. Université de Ouagadougou.
- Koopmans, T. 1951.** “Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities”. *Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics*. Monograph No 13, New York : John Wiley and sons, Inc.
- Kumbhakar, S. C. 1990.** “Production Frontiers Panel Data, and time-Varying Technical Inefficiency”. *Journal of Econometrics*. 46 : 201-212.
- Kumbhakar, S. C., S. Ghosh et J. T. McGuckin. 1991.** “A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants for Inefficiency in US Dairy Farms”. *Journal of Business and Economic Statistics*. 9 : 279-286.
- Kumbhakar, S. C., et C. A. K. Lovell. 2000.** “Stochastic Frontier Analysis”. *Cambridge university press*. Cambridge.
- Lachaal, L. 1998.** “Production Structure Characteristics and Adaptations of Productivity Growth Measures : A Survey”. *Cahiers d'économie et sociologie rurales, n°48*.
- Leibenstein, H. 1966.** “Allocative Efficiency Versus X-Efficiency”. *American Economic Review*. 56 : 392-415.
- Leibenstein, H. 1975.** “Aspects of the X-Efficiency Theory of the firm”. *Bell Journal of Economics*. 6: 580-606.
- Leibenstein, H. 1978.** “X-Inefficiency Xists – Reply to an Xorcist”. *American Economic Review*. 68 : 203-211.

- Maddala, G. S., et F. Nelson. 1975.** "Switching Regression Models with Exogenous and Endogenous Switching". *Proceedings of the American Statistical Association* (Business and Economics Section), pp 423-6.
- Maddala, G. S. 1983.** "Limited-Dependent and Qualitative variables in Econometrics". *Cambridge University Press*. Cambridge.
- MAHRH. 2000-2005.** "Révision méthodologique des enquêtes agricoles et maraîchères". Ouagadougou.
- MAHRH. 2006.** "Rapport". Ouagadougou.
- Meeusen, W., et J. Van den Broeck. 1977.** "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error". *International Economic Review*. 18 : 435-444.
- MEF/BM. 2001.** "Compétitivité et Croissance Economique : Orientations, Stratégies et Actions". Ouagadougou.
- Oberhofer, W., et J. Kmenta. 1974.** "A General Procedure for Obtaining Maximum Likelihood Estimates in Generalized Regression Models". *Econometrica*. 42: 579-590.
- Pitt, M. M., et L. Lee. 1981.** "The Measurement and Sources of Technical Efficiency in the Indonesian Weaving Industry". *J. Dev. Econ*. 9: 43-64.
- PNGT2. 2003-2004.** "Les conditions de vie, les revenus et la pauvreté des ménages ruraux au Burkina Faso en 2004: résultats de l'enquête de base". Ouagadougou.
- Reifschneider, D. et R. Stevenson. 1991.** "Systematic Departures from the Frontier : A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency". *International Economic Review*. 32 : 715-723.
- Rochdi, F. 1997.** "Choix de Formes Fonctionnelles en Présence de Technologies Différentes". *Revue d'économie du développement*. 3 : 117-140.

- Sadoulet, E. et A. de Janvry. 1995.** “Quantitative Development Policy Analysis”. *The Johns Hopkins University Press*. Baltimore.
- Sanfo, D. 1996.** “Les Variétés du Cotonnier en Culture au Burkina Faso : Principales Caractéristiques”. *INERA*. Ouagadougou.
- Savadogo, K., T. Reardon et K. Pietola. 1995.** “Mécanisation et Offre Agricole dans le Sahel : une Analyse de la Fonction de Profit des Exploitations Agricoles”. *Revue d'économie du développement*. 2 : 57-91.
- Savadogo, K., T. Reardon et K. Pietola. 1998.** “Adoption of Improved Land Use Technologies to Increase Food Security in Burkina Faso : Relating Animal Traction, Productivity, and Non-Farm Income”. *Agricultural Systems*. 58 : 441-464.
- Schmidt, P. et R. C. Sickles. 1984.** “Production Frontier and Panel Data”. *Journal of Business and Economic Statistics*. 2 : 367-374.
- Schwartz, A. 1991.** “L'exploitation Agricole de l'Aire Cotonnière burkinabé : Caractéristiques Sociologiques, Démographiques, Economiques”. *Centre ORSTOM*, 88 p. Ouagadougou.
- Schwartz, A. 1994.** “L'adhésion des Paysans à la Culture du Coton au Burkina Faso : des Comportements Contrastés”. *ORSTOM*. Ouagadougou.
- Schwartz, A. 1995.** “Des Temps Anciens à la Dévaluation du CFA : Les Tribulations de la Culture du Coton au Burkina Faso”. *ORSTOM*. Ouagadougou.
- Seiford, L. M. et R. M. Thrall. 1990.** “Recent Developments in DEA : The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis”. *Journal of Econometrics*. 46 : 7-38.
- Seyoum, E. T., G. E. Battese et E.M. Fleming. 1996.** “Technical Efficiency and Productivity of Maize Producers in Eastern Ethiopia : A Study of Farmers within and outside the Sasakawa-Global 2000 Projet”. *CEPA working paper* n°6/96.

- Sharma, S. C., K. Sylwester et H. Margono. 2003.** “Technical Efficiency and Total Factor Productivity Analysis Across U.S States : 1977-2000. *Working Paper*. Southern Illinois University Carbondale.
- Shephard, R. W. 1953.** “Cost and Production Functions”. *Princeton University Press*.
- Shephard, R. W. 1970.** “The Theory of Cost and Production Functions”. *Princeton University Press*.
- Sickles, R. C., D. Good et R. L. Johnson. 1986.** “Allocative Distortions and the Regulatory Transition of the U.S. Airline Industry”. *Journal of Econometrics*. 33 : 143-163.
- Simon, H. A. 1951.** “A Formal Theory of the Employment Relationship”. *Economica*. 19 : 293-305.
- Simon, H. A. 1976.** “From Substantive to procedural Rationality, Method and Appraisal in Economics”. *Cambridge University Press*.
- SOFITEX. 1981-1989.** “La Culture Motorisée dans l’Ouest du Burkina”. *Rapports Annuels de Campagnes*. Ouagadougou.
- Solow, R. M. 1956.** “Une contribution à la théorie de la croissance économique”. *Economica*. Paris.
- Solow, R. M. 1957.** “Technical Change and the Aggregate Production Function”. *Review of Economics and statistics*. 39 : 312-320.
- Songue, Y. 1993.** “Les Ajustements Institutionnels au Sein de la Filière Coton au Burkina Faso : Une Analyse en Terme de Méso-Economie Institutionnelle”. *Mémoire de D.E.A. FASEG*, Ouagadougou.
- Stigler, G. J. 1976.** “The Xistence of X-Efficiency”. *American Economic Review*. 66 : 213-216.

- Stiglitz, J. E. 1977.** “Monopoly Nonlinear Pricing and Imperfect Information : the Insurance Market”. *Review of Economic Studies*. 44: 407-430.
- Tersiguel, P. 1992.** “Boho-Kari, village bwa : Les Effets de la Mécanisation dans l’aire Cotonnière du Burkina Faso”. *Thèse de doctorat de géographie*, 594 p. Université Paris X-Nanterre.
- Tersiguel, P. 1995.** “Le Pari du Tracteur : la Modernisation de l’Agriculture Cotonnière au Burkina Faso”. *Editions de l’ORSTOM*. Paris.
- Thirtle, C., D. Hadley et R.F. Townsend. 1995.** “Policy-induced Innovation in Sub-Saharan African Agriculture: A Multilateral Malmquist Productivity Index Approach”. *Development policy Review*. 13: 323-342.
- Timmer, C. P. 1971.** “Using a Probabilistic Frontier Function to Measure Technical Efficiency”. *J. Pol. Econ.* 79 : 776-794.
- Townsend, R. F. 1999.** “Policies, Prices and Agricultural Growth in Sub-Saharan Africa : Alleviating Constraints and Realizing Opportunities”. Draft.
- Traoré, D. I. 1996.** “Les Déterminants Economiques et Institutionnels de la Production Cotonnière au Burkina Faso”. *Mémoire D.E.A.* Université de Ouagadougou.
- Tzouvelekas, V., K. Giannakas, P. Midmore et K. Mattas. 1999.** “Decomposition of Olive Oil Production Growth into Productivity and Size Effects: A Frontier Production Function Approach”. *Cahier d’économie et sociologie rurales* n°51.
- Williamson, O. E. 1985.** “The Economic Institutions of Capitalism”. *The Free Press*. New York.
- Zahonogo, P. 1996.** “Les Déterminants de l’Offre des Producteurs Agricoles : cas du Coton au Burkina Faso”. *Mémoire de D.E.A.*, 60 p. Université de Ouagadougou.

**Zerbo, K. 1991.** “Mécanisation Agricole et Culture Cotonnière. Analyse économique comparée de la traction animale et de la motorisation intermédiaire dans une optique de développement, l'exemple de la région cotonnière de l'Ouest du Burkina”. *Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en sciences économiques.* Université D'Abidjan.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

## Annexes

### Annexe 1 : Niveaux d'efficacité technique des exploitations (%)

Numéro de ménage	2001	2002	2003	2004	Total
1	-	28*	67	89	61
2	69*	97*	67	60	73
3	-	27	-	99	63
4	-	16*	19	42	26
5	98*	30*	52*	34*	54
6	98*	78*	79	93	87
7	78	29*	44	83	59
8	86	36*	36	68	57
9	-	71*	36	83	63
10	-	30*	80*	47	52
11	47*	56*	58	71	58
12	-	33*	17	41	30
13	30*	77*	92	36	59
14	59	89*	-	42	63
15	37*	58	19	84	50
16	-	81*	72	32	62
17	94*	44*	28*	85	63
18	-	61*	36	-	49
19	99*	98*	63	67	82
20	-	99*	89	96	95
21	90*	94*	71	99	89
22	65*	52*	55*	17	47
23	73*	47*	39*	54	53
24	88*	72*	40*	35*	59
25	96*	88*	85	99	92
26	-	31*	53*	19*	34
27	66*	40*	73*	52	58
28	96*	-	73	99	89
29	90*	99*	93	99	95
30	99	27*	94*	86*	77
31	83	60	64	49	64
32	47*	22*	12	-	27
33	28	77	40*	18	41
34	59	52	45	12	42
35	90*	31	36*	16*	43
36	99	43	61	47	63
37	50	57	64	51	56
38	77	53	94	35	65
39	47*	19	41	32	35
40	81	51	83	97	78
41	-	57	61	63	60
42	-	-	-	28	28

## Niveaux d'efficacité technique des exploitations (Suite)

Numéro de ménage	2001	2002	2003	2004	Total
43	34	51	99	38	56
44	89	77	99	59	81
45	99	57	41	81	70
46	98	99	92	56	86
47	99*	88*	77*	99	91
48	-	-	35	48	42
49	77	71	59	71	70
50	47*	42*	56*	14	40
51	70	46	69	13	50
52	84*	53*	25*	44	52
53	66*	34*	28*	57	46
54	98*	28	55	28*	52
55	40	42	45	41	42
56	30	36	72	41	45
57	99	88*	30*	13*	58
58	63	32	27*	64	47
59	99	41	55	46	60
60	-	20*	27*	-	24
61	-	41	34	29	35
62	-	-	-	13*	13
63	-	-	-	68*	68
64	-	43	49	48	47
65	-	23*	-	-	23
66	-	86*	21*	-	54
67	-	95*	23*	-	59
68	21*	98*	98*	70*	72
69	-	71*	88*	-	80
70	-	64*	96*	99*	86
71	72*	24*	64*	28*	47
72	99*	64*	-	99*	87
73	54	91	30	99	69
74	-	-	-	52	52
75	88*	83*	31	56	65
76	-	86	93	70	83
77	73	73	99	82	82
78	-	99*	79	-	89
79	-	30	42*	23	32
80	-	39	45	37	40
81	53*	99	35	70	64
82	36	-	27	47	37
83	37	62*	53*	36	47
84	-	78	61	87	75

### Niveaux d'efficacité technique des exploitations (Suite)

Numéro de ménage	2001	2002	2003	2004	Total
85	-	88*	87*	71*	82
86	44	-	99	-	72
87	54	65	99	69	72
88	90*	98*	47	49	71
89	-	-	-	48*	48
90	61*	50*	54*	49*	54
91	-	-	50*	-	50
92	26	-	-	-	26
93	-	39	40	82	54
94	37	19	48	-	35
95	37	58	99*	51	61
96	19	58	89	77	61
97	97	59*	66	53	69
98	57*	46*	34*	20*	39
99	91	49	66	99	76
100	-	-	72	99	86
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>57</b>	<b>59</b>

\* Non utilisation de la traction animale

## Annexe 2 : Historique de l'échantillon d'exploitations cotonnières

	2001	2002	2003	2004	Total
Exploitations cotonnières à traction animale	34	37	59	70	200
Exploitations cotonnières à traction manuelle	32	50	31	20	133
Exploitations cotonnières	66	87	90	90	333

NB. Une centaine d'exploitations cotonnières a été observée sur la période d'étude

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE















**Annexe 4 : Résultats des estimations du modèle d'adoption de la traction animale sur Eviews**

Dependent Variable: TA  
 Method: ML - Binary Probit  
 Date: 01/22/07 Time: 17:36  
 Sample: 1 333  
 Included observations: 333  
 Convergence achieved after 12 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
ACTIFS	0.032142	0.019318	1.663836	0.1036
CERDIT	1.18E-06	2.82E-07	4.196472	0.0000
AGE_C	-0.007605	0.005833	-1.303984	0.1922
EDUC_C	0.339199	0.202476	1.675255	0.1025
C	0.190243	0.302552	0.628792	0.5295
Mean dependent var	0.600601	S.D. dependent var	0.490512	
S.E. of regression	0.466596	Akaike info criterion	1.284744	
Sum squared resid	71.40953	Schwarz criterion	1.341923	
Log likelihood	-208.9099	Hannan-Quinn criter.	1.307545	
Restr. log likelihood	-224.0315	Avg. log likelihood	-0.627357	
LR statistic (4 df)	30.24328	McFadden R-squared	0.067498	
Probability(LR stat)	4.37E-06			
Obs with Dep=0	133	Total obs	333	
Obs with Dep=1	200			

**Annexe 5 : Résultats des estimations de la table de prédiction du modèle d'adoption de la traction animale sur Eviews**

Dependent Variable: TA  
 Method: ML - Binary Probit  
 Date: 01/22/07 Time: 17:36  
 Sample: 1 333  
 Included observations: 333  
 Prediction Evaluation (success cutoff C = 0.5)

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤ C	51	27	78	0	0	0
P(Dep=1)>C	82	173	255	133	200	333
Total	133	200	333	133	200	333
Correct	51	173	224	0	200	200
% Correct	38.35	86.50	67.27	0.00	100.00	60.06
% Incorrect	61.65	13.50	32.73	100.00	0.00	39.94
Total Gain*	38.35	-13.50	7.21			
Percent Gain**	38.35	NA	18.05			

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	60.34	73.25	133.58	53.12	79.88	133.00
E(# of Dep=1)	72.66	126.75	199.42	79.88	120.12	200.00
Total	133.00	200.00	333.00	133.00	200.00	333.00
Correct	60.34	126.75	187.09	53.12	120.12	173.24
% Correct	45.36	63.38	56.18	39.94	60.06	52.02
% Incorrect	54.64	36.62	43.82	60.06	39.94	47.98
Total Gain*	5.42	3.32	4.16			
Percent Gain**	9.03	8.30	8.67			

**Annexe 6 : Matrice hessienne des fonctions de production des exploitations  
cotonnières évaluée à la moyenne des variables**

Exploitations cotonnières à traction animale

$$\begin{bmatrix} -0,012 & -0,005 & -0,008 & -0,021 & 0,048 & -0,009 \\ -0,005 & 0,056 & -0,001 & -0,027 & -0,034 & -0,039 \\ -0,008 & -0,001 & 0,04 & -0,042 & -0,03 & 0,019 \\ -0,021 & -0,027 & -0,042 & 0,374 & -0,112 & -0,064 \\ 0,048 & -0,034 & -0,03 & -0,112 & -0,014 & 0,136 \\ -0,009 & -0,039 & 0,019 & -0,064 & 0,136 & -0,086 \end{bmatrix}$$

Exploitations cotonnières à traction manuelle

$$\begin{bmatrix} 0,044 & 0,016 & -0,015 & -0,009 & 0,02 & -0,001 \\ 0,016 & -0,012 & 0,003 & -0,036 & -0,117 & 0,092 \\ -0,015 & 0,003 & 0,050 & 0,009 & 0,102 & -0,066 \\ -0,009 & -0,036 & 0,009 & 0,304 & -0,111 & -0,082 \\ 0,02 & -0,117 & 0,102 & -0,111 & -0,018 & -0,065 \\ -0,001 & 0,092 & -0,066 & -0,082 & -0,065 & 0,044 \end{bmatrix}$$

## Annexe 7 : Résultats des estimations de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique des exploitations cotonnières à traction animale

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal  
data file = eta.dat

Tech. Eff. Effects Frontier (see B&C 1993)  
The model is a production function  
The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	-0.92504166E+00	0.29262741E+01	-0.31611586E+00
beta 1	-0.42047326E-01	0.85821120E-01	-0.48994147E+00
beta 2	0.24770641E+00	0.22837712E+00	0.10846376E+01
beta 3	0.22283375E+00	0.22126288E+00	0.10070995E+01
beta 4	-0.11100039E+01	0.83321765E+00	-0.13321896E+01
beta 5	0.24928145E+01	0.11117495E+01	0.22422448E+01
beta 6	0.13017669E-02	0.59078626E-02	0.22034482E+00
beta 7	0.26622317E-01	0.84825960E-02	0.31384634E+01
beta 8	0.21765358E-01	0.79678905E-02	0.27316337E+01
beta 9	0.44700967E-01	0.70855758E-01	0.63087275E+00
beta10	-0.22486814E+00	0.11441470E+00	-0.19653781E+01
beta11	-0.10019837E-01	0.42091303E-02	-0.23805006E+01
beta12	-0.11645002E-01	0.39501907E-02	-0.29479593E+01
beta13	-0.77505719E-02	0.16349237E-01	-0.47406322E+00
beta14	0.30816994E-01	0.16639316E-01	0.18520589E+01
beta15	-0.17360280E-02	0.85071161E-02	-0.20406775E+00
beta16	-0.58154815E-01	0.29482856E-01	-0.19724960E+01
beta17	-0.37478032E-01	0.47996329E-01	-0.78085204E+00
beta18	-0.16935571E-01	0.37586464E-01	-0.45057632E+00
beta19	-0.13931245E-01	0.43437600E-01	-0.32071857E+00
beta20	0.30794822E+00	0.15570747E+00	0.19777356E+01
beta21	-0.23615599E+00	0.42053092E+00	-0.56156629E+00
beta22	-0.33129984E-01	0.38517971E-01	-0.86011758E+00
beta23	-0.13950008E-01	0.75566581E-02	-0.18460552E+01
beta24	-0.13703787E-01	0.17452222E-01	-0.78521728E+00
beta25	-0.17944403E-01	0.20899232E-01	-0.85861543E+00
beta26	-0.39014672E-01	0.88123197E-01	-0.44272874E+00
beta27	0.91345813E-01	0.76679055E-01	0.11912746E+01
beta28	0.37895847E+00	0.26137046E+00	0.14498902E+01
sigma-squared	0.22795645E+00		

log likelihood function = -0.12026225E+03

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.39712161E+01	0.94244174E+00	0.42137523E+01
beta 1	-0.20946618E+00	0.25837846E-01	-0.81069518E+01
beta 2	0.29942774E+00	0.10164195E+00	0.29459071E+01
beta 3	0.20829255E+00	0.19238612E+00	0.10826797E+01
beta 4	0.48834761E+00	0.25740812E+00	0.31932356E+01
beta 5	0.82196477E+00	0.26395769E+00	0.18500981E+01
beta 6	-0.68269922E-02	0.18146059E-02	-0.37622452E+01
beta 7	0.28106316E-01	0.33585894E-02	0.83684885E+01
beta 8	0.20252927E-01	0.43353263E-02	0.46716037E+01
beta 9	0.18710831E+00	0.15759085E-01	0.11873044E+02
beta10	-0.76030678E-02	0.25031080E-01	-0.30374509E+00
beta11	-0.57996271E-02	0.10206487E-02	-0.56822951E+01
beta12	-0.86192953E-02	0.24385650E-02	-0.35345769E+01
beta13	-0.21764438E-01	0.67825643E-02	-0.32088805E+01
beta14	0.48901970E-01	0.42561631E-02	0.11489684E+02
beta15	-0.11306587E-02	0.51681446E-02	-0.21877460E+00
beta16	-0.27127749E-01	0.18658607E-01	-0.14539000E+01
beta17	-0.34625958E-01	0.20685151E-01	-0.16739524E+01
beta18	-0.42678849E-01	0.39362435E-01	-0.10842533E+01
beta19	-0.30064058E-01	0.42234912E-01	-0.71182954E+00
beta20	-0.11286105E+00	0.42712294E-01	-0.26423552E+01
beta21	-0.35444839E+00	0.49354349E-01	-0.71817053E+01
beta22	-0.43513074E-01	0.73714732E-02	-0.59029006E+01
beta23	-0.99434134E-02	0.17685307E-02	-0.56224148E+01
beta24	-0.39066022E-01	0.71312859E-02	-0.54781174E+01
beta25	0.19189237E-01	0.12731116E-01	0.15072706E+01
beta26	-0.64133924E-01	0.13129987E-01	-0.48845382E+01
beta27	0.13602010E+00	0.11895882E-01	0.11434217E+02
beta28	0.56202821E-01	0.57594793E-01	0.97583163E+00
delta 0	0.35508701E+00	0.99457638E+00	0.35702337E+00
delta 1	-0.64533116E-01	0.41595588E+00	-0.15514414E+00
delta 2	0.31490674E+00	0.10376908E+01	0.30346876E+00
delta 3	-0.52346103E+00	0.99716015E+00	-0.52495181E+00
delta 4	-0.10759546E+01	0.64160057E+00	-0.10769132E+01
delta 5	-0.80001663E-02	0.46538790E-02	-0.13904436E+01
delta 6	-0.65884416E-01	0.25507964E+00	-0.25828959E+00
delta 7	0.48261320E-01	0.28051934E+00	0.17204276E+00
delta 8	-0.31652121E+00	0.16965559E+00	-0.18656692E+01
delta 9	0.20917017E-01	0.56122855E-01	0.37270051E+00
delta10	0.51760658E-01	0.11159032E+00	0.46384541E+00
delta11	-0.10853449E-01	0.26097425E-01	-0.41588199E+00
delta12	-0.51162458E-01	0.39842730E+00	-0.12841103E+00
delta13	-0.26236939E+00	0.27015201E+00	-0.97119168E+00
delta14	0.34822906E+00	0.21073655E+00	0.11423784E+01
delta15	-0.25290310E+00	0.97726410E+00	-0.25878685E+00
delta16	-0.15776465E+00	0.87322101E-01	-0.18066979E+01
delta17	-0.37304317E-01	0.12913247E-01	-0.28888409E+01
delta18	0.19510260E+00	0.18874078E+00	0.10337066E+01
delta19	0.24729200E+00	0.28345197E+00	0.87242998E+00
delta20	0.36646398E+00	0.10899045E+00	0.33623494E+01
delta21	-0.65812768E+00	0.71403896E+00	-0.92169715E+00
sigma-squared	0.46245992E+00	0.54787669E-01	0.84409491E+01
gamma	0.99996546E+00	0.12229702E-04	0.81765315E+05

log likelihood function = -0.82600924E+02

LR test of the one-sided error = 0.75322662E+02

with number of restrictions = \*

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 100

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 80

number of time periods = 4

total number of observations = 200

thus there are: 120 obsns not in the panel

technical efficiency estimates :

firm	year	eff.-est.
1	1	0.77595345E+00
2	1	0.86145023E+00
3	1	0.58923638E+00
4	1	0.99043721E+00
5	1	0.82698282E+00
6	1	0.28173655E+00
7	1	0.59543117E+00
8	1	0.99044060E+00
9	1	0.49701535E+00
10	1	0.76728070E+00
11	1	0.81435355E+00
12	1	0.33644398E+00
13	1	0.88704026E+00
14	1	0.99560452E+00
15	1	0.98501886E+00
16	1	0.77430787E+00
17	1	0.70404322E+00
18	1	0.40319855E+00
19	1	0.29992729E+00
20	1	0.99045711E+00
21	1	0.62571935E+00
22	1	0.98822583E+00
23	1	0.53826580E+00
24	1	0.73348514E+00
25	1	0.35883917E+00
26	1	0.36714544E+00
27	1	0.43887753E+00
28	1	0.54406538E+00
29	1	0.25939411E+00
30	1	0.36577611E+00
31	1	0.37212427E+00
32	1	0.19216975E+00
33	1	0.97412145E+00

34	1	0.91481900E+00
5	2	0.60234003E+00
6	2	0.76560833E+00
7	2	0.52184361E+00
8	2	0.43349400E+00
9	2	0.57536950E+00
10	2	0.53391564E+00
11	2	0.50686358E+00
12	2	0.51098855E+00
13	2	0.76708397E+00
14	2	0.56792669E+00
15	2	0.99505611E+00
16	2	0.70913766E+00
17	2	0.46341235E+00
18	2	0.41973463E+00
19	2	0.35958273E+00
21	2	0.32446265E+00
22	2	0.40943048E+00
23	2	0.90813289E+00
24	2	0.73408371E+00
28	2	0.64655764E+00
30	2	0.18938630E+00
31	2	0.57834077E+00
32	2	0.57822991E+00
34	2	0.49439507E+00
35	2	0.26717636E+00
36	2	0.58056294E+00
37	2	0.31368758E+00
38	2	0.19255758E+00
39	2	0.56609141E+00
40	2	0.28073694E+00
41	2	0.40595925E+00
42	2	0.43077738E+00
43	2	0.85791459E+00
44	2	0.29782721E+00
45	2	0.38979726E+00
46	2	0.99095827E+00
47	2	0.39304627E+00
1	3	0.44034243E+00
2	3	0.35855376E+00
5	3	0.64233990E+00
7	3	0.45075974E+00
8	3	0.61419950E+00
9	3	0.64393335E+00
10	3	0.94022342E+00
11	3	0.83031673E+00
12	3	0.98926118E+00
13	3	0.99077424E+00
14	3	0.41525160E+00
15	3	0.92416629E+00
16	3	0.59351086E+00
17	3	0.69361180E+00
18	3	0.44623983E+00
19	3	0.72467116E+00
22	3	0.54868228E+00
23	3	0.30371372E+00
24	3	0.99001644E+00

25	3	0.27133927E+00
27	3	0.99271019E+00
28	3	0.99561155E+00
30	3	0.47835762E+00
32	3	0.88748424E+00
33	3	0.66497149E+00
34	3	0.66113771E+00
36	3	0.19045412E+00
38	3	0.41416516E+00
39	3	0.60834056E+00
40	3	0.55238139E+00
41	3	0.34254228E+00
42	3	0.48896795E+00
43	3	0.93135210E+00
45	3	0.45054729E+00
46	3	0.35274164E+00
47	3	0.39614047E+00
48	3	0.67016494E+00
49	3	0.67579046E-01
50	3	0.18891377E+00
51	3	0.78913169E+00
52	3	0.35697138E+00
53	3	0.57804106E+00
54	3	0.17268166E+00
55	3	0.92068020E+00
56	3	0.71993089E+00
57	3	0.36017503E+00
58	3	0.63023573E+00
59	3	0.89506411E+00
60	3	0.71364596E+00
61	3	0.84942643E+00
62	3	0.72671026E+00
63	3	0.92899453E+00
64	3	0.11585187E+00
65	3	0.34945157E+00
66	3	0.30617626E+00
67	3	0.79407526E+00
68	3	0.60965422E+00
69	3	0.47464691E+00
70	3	0.71872272E+00
1	4	0.83237691E+00
2	4	0.68400899E+00
3	4	0.42065578E+00
5	4	0.49366934E+00
6	4	0.17998427E+00
7	4	0.11929861E+00
8	4	0.46944341E+00
9	4	0.51058838E+00
10	4	0.35313880E+00
11	4	0.97077960E+00
12	4	0.38238917E+00
13	4	0.59358601E+00
14	4	0.81547957E+00
15	4	0.55984359E+00
16	4	0.71246501E+00
17	4	0.12672582E+00
18	4	0.40965939E+00

19	4	0.40880802E+00
21	4	0.63873255E+00
22	4	0.45888907E+00
23	4	0.99260302E+00
24	4	0.81778695E+00
25	4	0.46798097E+00
26	4	0.36311752E+00
28	4	0.69113961E+00
31	4	0.51051158E+00
32	4	0.77216498E+00
33	4	0.53620078E+00
34	4	0.98589896E+00
35	4	0.99592508E+00
36	4	0.83933609E+00
38	4	0.31886020E+00
39	4	0.62585076E+00
41	4	0.29255846E+00
42	4	0.47753574E+00
43	4	0.70421760E+00
44	4	0.23137643E+00
45	4	0.37141434E+00
46	4	0.70158454E+00
47	4	0.81837170E+00
48	4	0.88719350E+00
49	4	0.60486970E+00
50	4	0.42276257E+00
51	4	0.93532763E+00
52	4	0.82869809E+00
53	4	0.70974370E+00
54	4	0.40884659E+00
55	4	0.36069340E+00
56	4	0.32049090E+00
58	4	0.66897936E+00
59	4	0.96248892E+00
60	4	0.99358254E+00
61	4	0.99493227E+00
62	4	0.99095708E+00
63	4	0.98943377E+00
65	4	0.48191419E+00
66	4	0.55958457E+00
68	4	0.86974209E+00
69	4	0.49168249E+00
70	4	0.99683228E+00
71	4	0.47544068E+00
72	4	0.85332259E+00
73	4	0.17482722E+00
74	4	0.54124472E+00
75	4	0.51805235E+00
76	4	0.28357209E+00
77	4	0.99081435E+00
78	4	0.44518945E+00
79	4	0.57354844E+00
80	4	0.51917276E+00

mean efficiency = 0.59633747E+00

## Annexe 8 : Résultats des estimations de la frontière de production avec effets d'inefficacité technique des exploitations cotonnières à traction manuelle

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

instruction file = terminal  
data file = etm.dat

Tech. Eff. Effects Frontier (see B&C 1993)  
The model is a production function  
The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.51413945E+01	0.25772164E+01	0.19949410E+01
beta 1	0.19578224E+00	0.11813726E+00	0.16572438E+01
beta 2	0.39850443E+00	0.29459305E+00	0.13527286E+01
beta 3	-0.20954532E+00	0.40657055E+00	-0.51539719E+00
beta 4	0.74756501E+00	0.64751229E+00	0.11545186E+01
beta 5	0.60632047E-01	0.99355053E+00	0.61025630E-01
beta 6	0.11503248E-01	0.12233622E-01	0.94029782E+00
beta 7	0.10435846E-01	0.66681620E-02	0.15650259E+01
beta 8	0.33632801E-01	0.12342039E-01	0.27250605E+01
beta 9	0.12132083E+00	0.85658085E-01	0.14163384E+01
beta10	0.30327033E-01	0.10777238E+00	0.28139892E+00
beta11	0.85037632E-02	0.57974204E-02	0.14668184E+01
beta12	-0.16460883E-01	0.10153771E-01	-0.16211595E+01
beta13	-0.44800050E-01	0.27512002E-01	-0.16283820E+01
beta14	-0.17481249E-01	0.25977596E-01	-0.67293559E+00
beta15	0.93742862E-02	0.56215086E-02	0.16675748E+01
beta16	0.81909513E-02	0.50110430E-01	0.16345801E+00
beta17	-0.85296080E-01	0.72025759E-01	-0.11842441E+01
beta18	-0.86556861E-01	0.73268880E-01	-0.11813591E+01
beta19	0.85771750E-01	0.94828079E-01	0.90449739E+00
beta20	-0.17683803E+00	0.14598619E+00	-0.12113339E+01
beta21	-0.43015048E+00	0.48778836E+00	-0.88183834E+00
beta22	-0.52582180E-01	0.51457477E-01	-0.10218569E+01
beta23	-0.11898429E-01	0.15135870E-01	-0.78610800E+00
beta24	0.61204613E-01	0.32443369E-01	0.18865061E+01
beta25	-0.49938152E-01	0.37289711E-01	-0.13391939E+01
beta26	0.89021757E-01	0.98459621E-01	0.90414482E+00
beta27	0.49277643E-01	0.96780168E-01	0.50917088E+00
beta28	0.23785737E+00	0.25941384E+00	0.91690317E+00
sigma-squared	0.22482261E+00		

log likelihood function = -0.73115099E+02

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.26462994E+01	0.10185281E+01	0.25981604E+01
beta 1	-0.25746502E-01	0.67381219E-01	-0.38210204E+00
beta 2	0.52491036E+00	0.14914408E+00	0.35194850E+01
beta 3	-0.32086099E+00	0.19110116E+00	-0.16790112E+01
beta 4	0.11022532E+01	0.34081403E+00	0.32341780E+01
beta 5	0.91191098E+00	0.44904958E+00	0.20307579E+01
beta 6	0.22738744E-01	0.83017832E-02	0.27390193E+01
beta 7	0.66256442E-02	0.52121587E-02	0.12711900E+01
beta 8	0.25254368E-01	0.58744973E-02	0.42989838E+01
beta 9	0.15232900E+00	0.52195940E-01	0.29184071E+01
beta10	-0.96531984E-02	0.56813098E-01	-0.16991150E+00
beta11	0.16011560E-01	0.32338404E-02	0.49512523E+01
beta12	-0.15857078E-01	0.68676941E-02	-0.23089378E+01
beta13	-0.97167355E-02	0.21501577E-01	-0.45190803E+00
beta14	0.20641647E-01	0.15175415E-01	0.13602031E+01
beta15	0.30714712E-02	0.30375853E-02	0.10111555E+01
beta16	-0.36630914E-01	0.19072698E-01	-0.19205942E+01
beta17	-0.11714127E+00	0.38899375E-01	-0.30113920E+01
beta18	0.98511790E-02	0.32816990E-01	0.30018533E+00
beta19	0.10284838E+00	0.45353410E-01	0.22677100E+01
beta20	-0.11181130E+00	0.81839356E-01	-0.13662290E+01
beta21	0.68861361E-01	0.22439977E+00	0.30686912E+00
beta22	0.22272120E-01	0.27933896E-01	0.79731520E+00
beta23	-0.14770825E-02	0.67311681E-02	-0.21943926E+00
beta24	0.92223878E-01	0.23699710E-01	0.38913505E+01
beta25	-0.66324179E-01	0.27426166E-01	-0.24182812E+01
beta26	-0.82453329E-01	0.70588833E-01	-0.11680789E+01
beta27	-0.65878741E-01	0.39660179E-01	-0.16610803E+01
beta28	-0.38300396E+00	0.84868917E-01	-0.45128885E+01
delta 0	-0.42018332E+00	0.94504421E+00	-0.44461763E+00
delta 1	0.17701564E+00	0.30994596E+00	0.57111777E+00
delta 2	-0.99230038E+01	0.20865117E+01	-0.47557863E+01
delta 3	0.49748800E+00	0.81668910E+00	0.60915225E+00
delta 4	0.26189542E+01	0.10945302E+01	0.23927656E+01
delta 5	-0.14289023E-01	0.73879205E-02	-0.19341062E+01
delta 6	0.31205394E+00	0.15580436E+00	0.20028576E+01
delta 7	-0.43282517E-01	0.22937349E+00	-0.18869886E+00
delta 8	-0.18473330E+00	0.35223033E+00	-0.52446733E+00
delta 9	-0.28891947E-01	0.22134326E-01	-0.13053005E+01
delta10	-0.68655419E-01	0.85260889E-01	-0.80523931E+00
delta11	0.36301819E-01	0.21447115E-01	0.16926201E+01
delta12	0.26792835E+01	0.62011989E+00	0.43205895E+01
delta13	0.29214339E+00	0.24226975E+00	0.12058600E+01
delta14	-0.72521622E+00	0.37910900E+00	-0.19129491E+01
delta15	0.32597008E+01	0.11556991E+01	0.28205444E+01
delta16	-0.78249505E-01	0.14638388E+00	-0.53455001E+00
delta17	0.47525049E-01	0.24935343E-01	0.19059312E+01
delta18	-0.69812110E-01	0.18046166E+00	-0.38685287E+00
delta19	-0.65099431E+00	0.36101315E+00	-0.18032427E+01
delta20	-0.54382071E-01	0.22169812E+00	-0.24529785E+00
delta21	-0.11542514E+01	0.60993792E+00	-0.18924080E+01
sigma-squared	0.35537184E+00	0.58182063E-01	0.61079277E+01
gamma	0.99999999E+00	0.10855374E-06	0.92120272E+07

log likelihood function = -0.36008121E+02

LR test of the one-sided error = 0.74213956E+02

with number of restrictions = \*

[note that this statistic has a mixed chi-square distribution]

number of iterations = 79

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 65

number of time periods = 4

total number of observations = 133

thus there are: 127 obsns not in the panel

technical efficiency estimates :

firm	year	eff.-est.
1	1	0.69448775E+00
2	1	0.97776722E+00
3	1	0.98198000E+00
4	1	0.47370476E+00
5	1	0.30056818E+00
6	1	0.36983970E+00
7	1	0.94217530E+00
8	1	0.98851052E+00
9	1	0.89810116E+00
10	1	0.65369888E+00
11	1	0.73319074E+00
12	1	0.87936512E+00
13	1	0.95672929E+00
14	1	0.65574630E+00
15	1	0.95867003E+00
16	1	0.90548087E+00
17	1	0.46936992E+00
18	1	0.89799440E+00
19	1	0.46809999E+00
20	1	0.99987539E+00
21	1	0.46820507E+00
22	1	0.83865842E+00
23	1	0.65733638E+00
24	1	0.97594979E+00
25	1	0.21395593E+00
26	1	0.71640075E+00
27	1	0.99195742E+00
28	1	0.88420522E+00
29	1	0.52786561E+00
30	1	0.89616694E+00
31	1	0.61185713E+00
32	1	0.56926420E+00
1	2	0.96647417E+00

2	2	0.30128919E+00
3	2	0.77915775E+00
4	2	0.56439056E+00
5	2	0.76701276E+00
7	2	0.44306294E+00
8	2	0.98362804E+00
9	2	0.94281719E+00
10	2	0.51581618E+00
11	2	0.47014582E+00
12	2	0.72097987E+00
13	2	0.88063033E+00
14	2	0.39904387E+00
16	2	0.99612753E+00
17	2	0.22381786E+00
20	2	0.88092259E+00
21	2	0.42028047E+00
22	2	0.52871335E+00
23	2	0.34467974E+00
25	2	0.98164813E+00
26	2	0.24379154E+00
27	2	0.64518377E+00
28	2	0.83104795E+00
30	2	0.97832393E+00
31	2	0.50530197E+00
32	2	0.46333042E+00
33	2	0.28064073E+00
34	2	0.15698853E+00
35	2	0.29461157E+00
36	2	0.36167156E+00
37	2	0.70647030E+00
38	2	0.29696226E+00
39	2	0.33271107E+00
40	2	0.89265157E+00
41	2	0.80774774E+00
42	2	0.61434004E+00
43	2	0.99172725E+00
44	2	0.31016886E+00
45	2	0.26880980E+00
46	2	0.88490171E+00
47	2	0.20295351E+00
48	2	0.23185894E+00
49	2	0.71232382E+00
50	2	0.64364662E+00
51	2	0.99964988E+00
52	2	0.61747577E+00
53	2	0.78419661E+00
54	2	0.88140264E+00
55	2	0.59292113E+00
2	3	0.51719674E+00
7	3	0.27771591E+00
10	3	0.55446879E+00
11	3	0.39104676E+00
12	3	0.40575463E+00
14	3	0.73034809E+00
18	3	0.35940867E+00
20	3	0.76924379E+00
21	3	0.55923470E+00

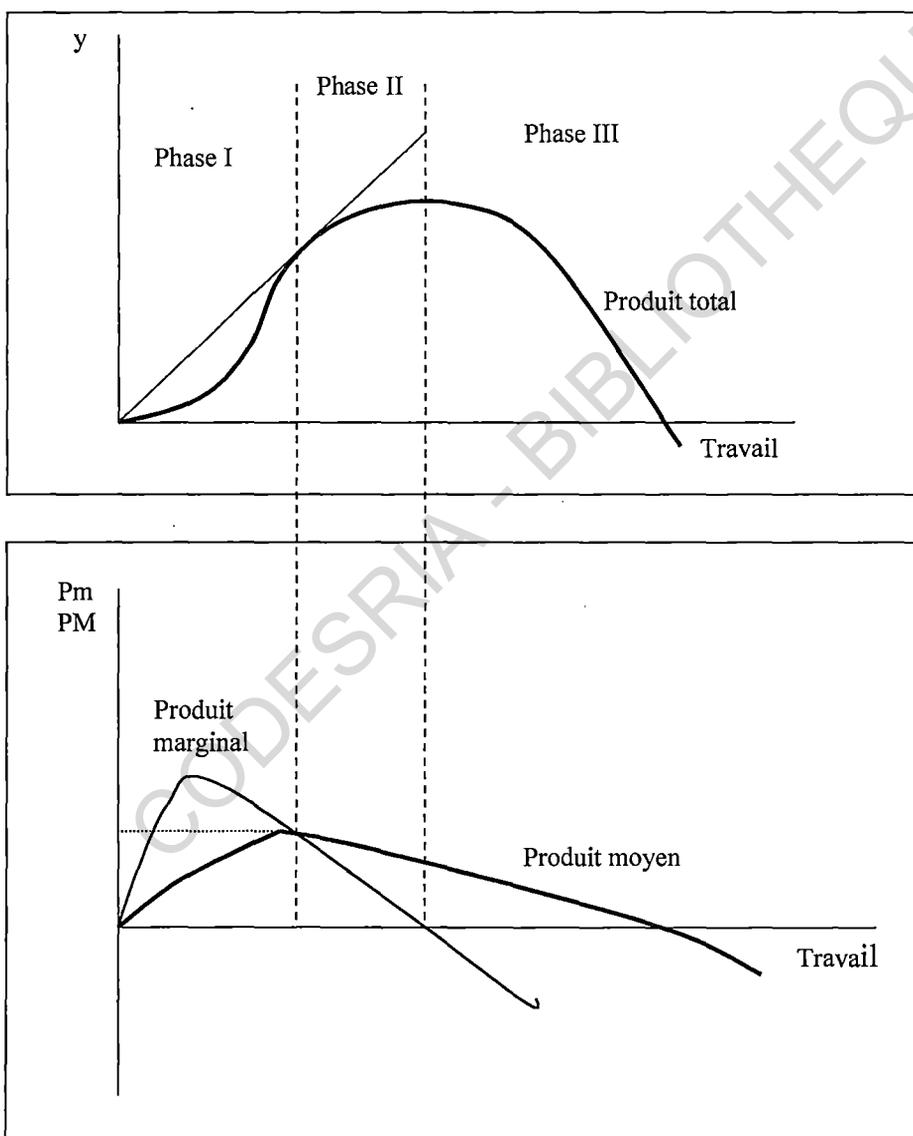
22	3	0.24887001E+00
23	3	0.27879047E+00
25	3	0.97839598E+00
26	3	0.63846388E+00
31	3	0.54131439E+00
32	3	0.34435543E+00
38	3	0.80448887E-01
44	3	0.53283904E+00
45	3	0.93851316E+00
46	3	0.30361746E+00
47	3	0.26812443E+00
49	3	0.88319742E+00
50	3	0.96051695E+00
52	3	0.52678748E+00
54	3	0.86924729E+00
56	3	0.40461101E+00
57	3	0.26831592E+00
58	3	0.86132968E+00
59	3	0.95148864E+00
60	3	0.42110705E+00
61	3	0.49758343E+00
62	3	0.98790886E+00
2	4	0.33861196E+00
12	4	0.35127295E+00
18	4	0.15810082E+00
21	4	0.14343871E+00
24	4	0.28055899E+00
25	4	0.69944647E+00
26	4	0.27676735E+00
27	4	0.99539822E+00
31	4	0.48919745E+00
32	4	0.20491012E+00
44	4	0.19013099E+00
45	4	0.85766148E+00
46	4	0.13279554E+00
50	4	0.99629934E+00
54	4	0.70625497E+00
58	4	0.21541418E+00
59	4	0.23130902E+00
63	4	0.12890118E+00
64	4	0.67687518E+00
65	4	0.48002980E+00

mean efficiency = 0.59477630E+00



## Annexe 9 : Technologie et fonction de production

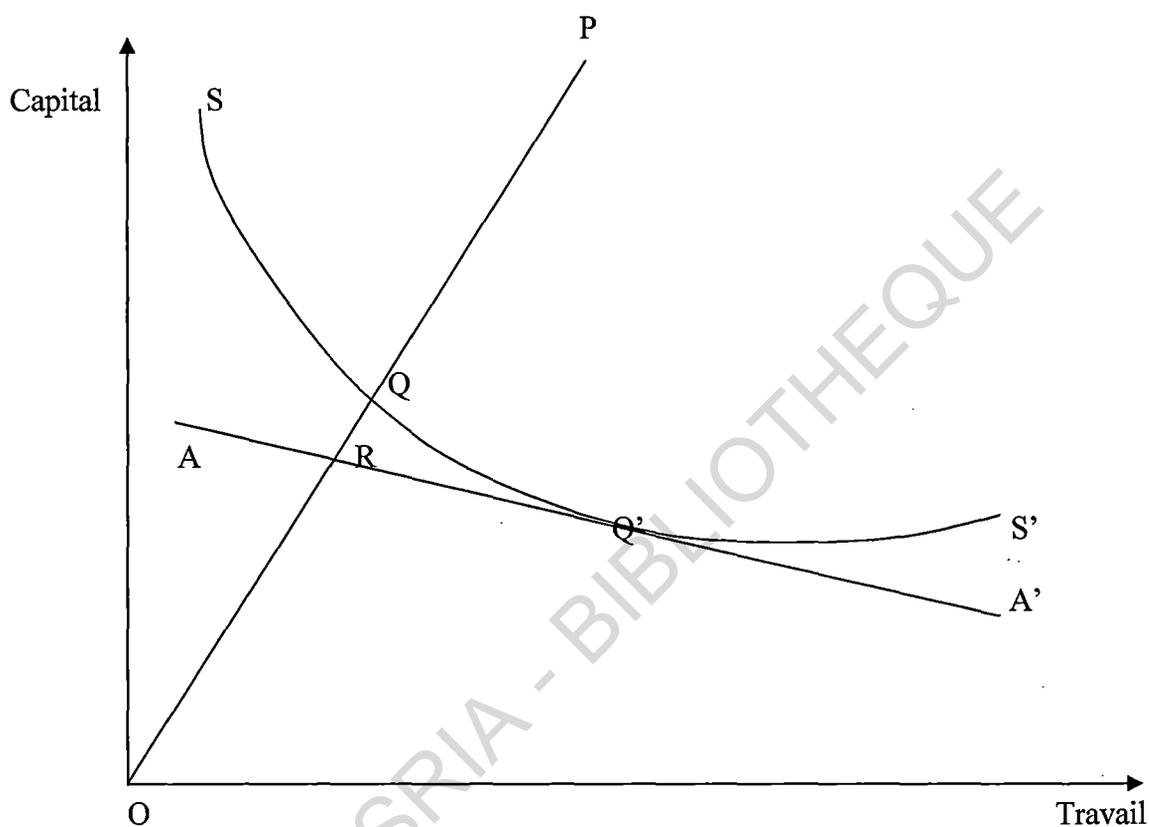
Considérons une unité de production qui utilise plusieurs facteurs de production dont le travail est le seul facteur variable pour produire un seul output ( $y$ ). En concurrence pure et parfaite, on peut distinguer trois régions de production définies à partir du comportement conjugué du produit moyen et du produit marginal. Les points de référence pour la division en régions sont celui où le produit moyen atteint son maximum et celui où le produit marginal devient négatif.



Le produit total augmente quand le produit marginal est positif et baisse quand le produit marginal est négatif. La phase II est la région de production où le produit moyen est en déclin mais le produit marginal demeure positif. C'est la région économique de production. En phase I, le produit moyen est croissant et la firme a intérêt à engager de plus en plus du facteur travail, puisque chaque unité supplémentaire permet de faire monter le produit moyen qui en résulte. Ce processus continuera jusqu'à ce qu'on entre dans la région II. En phase III, le produit marginal est négatif et le produit total en déclin. La firme n'opérera pas dans cette région. La firme n'a aucun intérêt à se situer dans cette région, car toute diminution de la quantité de travail dans cette région permet d'augmenter le produit total. Si elle s'y retrouve, elle diminuera la quantité du facteur travail ce qui l'amènera finalement en région II. Pour savoir en quel point de la région II la firme va opérer relève de la résolution du problème de la firme, la maximisation du profit. Ces analyses montrent que la technologie d'une unité de production qui maximise son profit est nécessairement monotone et quasi-concave en situation de concurrence pure et parfaite. Toutefois, dans un marché de concurrence imparfaite, une unité de production qui maximise son profit peut se retrouver dans la phase III. En raison de l'imperfection de l'information et la faiblesse des prix de certains facteurs due à l'absence de marchés, l'unité de production peut utiliser plus de facteurs qu'il n'en faut pour maximiser son profit.

### Annexe 10 : Mesure de l'efficacité économique au sens de Farrell (1957)

Soit une fonction de production qui reflète, les combinaisons de capital et de travail pour produire un output. L'isoquant  $SS'$  ci-dessous représente les différentes combinaisons des facteurs de production qu'une unité de production parfaitement efficace peut utiliser pour produire une unité d'output.



Le point  $Q$  représente une unité techniquement efficace, utilisant les deux facteurs de production dans le même rapport que l'unité située au point  $P$ . Supposons que l'unité  $Q$  produise la même quantité d'output que l'unité  $P$  en utilisant seulement une fraction  $OQ/OP$  des facteurs de production. Le ratio  $OQ/OP$  est défini comme étant le niveau d'efficacité technique de l'unité située en  $P$ . Ainsi, ce ratio est de 1 pour une unité parfaitement efficace (située sur  $SS'$ ), et diminue indéfiniment lorsque les quantités d'intrants pour un même niveau de production deviennent de plus en plus grandes. Cependant, pour qu'une unité soit économiquement efficace, il est également nécessaire qu'elle utilise les différents facteurs de production dans

## Annexe 11 : Tableau récapitulatif des variables expliquées et explicatives

Variables	Types	Définition
<b>Adoption de la traction animale (TA)</b>		
Actifs	discrète	Nombre d'actifs
Credit	continue	Montant du crédit agricole
Age_c	discrète	Age du chef d'exploitation
Educ_c	binaire	1= le chef d'exploitation sait lire et écrire; 0= le chef d'exploitation ne sait ni lire ni écrire
<b>Quantité produite de coton (qcot)</b>		
Fum	discrète	Nombre de charrettes de fumier et de compost
Eng	continue	Quantité de NPK et d'urée en kg
Tch	continue	Nombre de litres d'insecticide et d'herbicide
Ter	continue	Nombre d'hectares emblavés en coton
Tra	continue	Quantité d'homme-jour de main-d'œuvre
t	discrète	Temps
<b>Inefficacité technique (u)</b>		
Actifs	discrète	Nombre d'actifs
Age_a	continue	Age moyen des actifs de l'exploitation
Parc	discrète	Nombre de parcelles
Credit	continue	Montant du crédit agricole
t	discrète	Temps