

BURKINA FASO

Unité-Progress-Justice

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

MINISTERE DE L'ECONOMIE
ET DES FINANCES

**Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso
(U.P.B)**

**Institut National de la Statistique et
et de la démographie
(I.N.S.D)**

**Institut du Développement Rural
(I.D.R)**

**Direction des statistiques générales
(D.S.G)**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : Sociologie et économie rurales

Thème

**ANALYSE ECONOMIQUE DES DETERMINANTS DE L'ADOPTION
DES TECHNIQUES DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS
AU YATENGA : CAS DES CORDONS PIERREUX ET DU ZAI**

Directeur de mémoire
Dr. Amadou SIDIBE
Maître de stage
M. Michel KONE

Présenté et soutenu par
Lawakiléa Modeste KINANE

Juillet 2002

RESUME

La dégradation des sols est un important problème de politique économique et environnementale au Burkina Faso. Pour maintenir les niveaux de productivité des sols et réduire les pertes liées aux pratiques érosives, des stratégies ont été développées pour la promotion de techniques de conservation des eaux et des sols (CES) rentables. Bien que leurs avantages agronomiques aient été prouvés, les taux d'adoption de ces techniques restent faibles. L'objectif principal de ce mémoire était d'analyser les facteurs qui déterminent d'une part l'adoption des techniques de CES et d'autre part identifier les facteurs qui déterminent leur efficacité. Les données nécessaires à cette étude ont été collectées dans la province du Yatenga. Un modèle probit basé sur la théorie de la maximisation de l'utilité a été utilisée pour analyser les facteurs déterminant l'adoption des cordons pierreux et du zaï. Les données collectées ont également servi pour évaluer la rentabilité de ces techniques et l'estimation d'une fonction de production de type Cobb-Douglas. Enfin, grâce à des données secondaires, les taux d'adoption ont été estimés par une fonction logistique.

Les résultats de l'analyse probit montrent que la formation en cordons pierreux, et le cheptel (bovins ou petits ruminants) sont déterminants pour l'adoption des techniques de CES. L'appartenance à un groupement, le matériel aratoire et la taille de l'exploitation favorisent seulement l'adoption des cordons pierreux. La perception de la dégradation de l'environnement s'est révélée déterminante pour un investissement en « zaï et cordons pierreux ».

L'analyse de la fonction de production a révélé que la formation et l'utilisation de la fumure organique sont les principaux facteurs qui déterminent l'efficacité des cordons pierreux. Par contre, l'accroissement des superficies traitées en cordons pierreux réduit leur efficacité.

Le zaï et les cordons pierreux sont deux techniques de CES économiquement rentables mais les cordons pierreux sont rentables à moyen et long termes. L'estimation de la fonction logistique a révélé un accroissement significatif des taux d'adoption des cordons pierreux dans le village de Mōgombouli.

Mots clés : Adoption, érosion, techniques de conservation des eaux et des sols, modèles économétriques, Yatenga.

Dédicace

Ce mémoire

Est dédié

à

* *mon père Gnotoua Jean Baptiste Kinané et à ma mère Kadidiatou Yvette Kinané / Salembéré*

* *mon neveu Lawadou Alex Cédric Kinané (†)*

* *mes amis Ido Bouma Boris Eric et Zio-Diakité Yipien Valérie*

* *mes amis Wendpenga Damien Hervé Kéré (†) et Françoise Ilboudo (†)*

REMERCIEMENTS

Au terme des efforts qui ont abouti à la finalisation de ce travail, il me plaît d'adresser mes très sincères remerciements à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre ont contribué à sa réalisation. A ce titre, je remercie particulièrement :

M. Hamado Sawadogo, directeur général de l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) et l'ensemble du personnel pour m'avoir accueilli dans leur structure dans un climat favorable au travail.

M. Michel Koné, directeur des statistiques générales et mon maître de mémoire pour ses multiples conseils et la disponibilité dont il a fait preuve tout au long de mon stage.

Pr. Souleymane Soulama, et l'ensemble de l'équipe pour avoir accepté intégrer les étudiants au volet 10 du projet de l'agence suédoise de développement international (ASDI).

Dr. Amadou Sidibé, mon directeur de mémoire pour avoir accepté diriger ce travail et à travers lui tout le corps enseignant de l'IDR.

Pr. Kimseyinga Savadogo, enseignant à l'UFR/SEG de l'université de Ouagadougou, qui, malgré ses contraintes de temps a lu mon mémoire et l'a surtout accompagné de commentaires des plus enrichissants.

Dr. Kassoum Zerbo, enseignant à l'UFR/SEG de l'université de Ouagadougou pour les commentaires très constructifs qu'il a apporté à ma proposition de recherche.

Dr. André Nyamba, enseignant à l'UFR/SH de l'université de Ouagadougou pour ses précieuses remarques.

Dr. Daniel Kaboré, agro-économiste à l'INERA de Kamboinsé pour ses suggestions et conseils après lecture du mémoire.

Dr. Denis Ouédraogo, économiste, pour sa disponibilité et ses conseils d'ainé qui m'ont été d'un très grand apport.

M^{lle} Agnès Zabsonré, ingénieur statisticien économiste pour ses remarques et suggestions pertinentes.

Dr. Beloume Tidjani, agro-économiste au projet sassakawa global 2000 pour ses conseils.

MM. Vianney Tarpaga et Moustapha Tassebedo, mes aînés de l'IDR, pour les encouragements et les précieux conseils.

La famille Kinané à Bobo-Dioulasso pour l'hospitalité qu'elle m'a accordée tout au long de mes études à l'université polytechnique de Bobo-Dioulasso.

La famille Kinané à Ouagadougou pour le soutien manifesté tout au long de mes études.

Mes amis de l'université polytechnique de Bobo-Dioulasso (IDR et ESI) et ceux de la socio-économie en particulier

Mes amis de l'université de Ouagadougou en particulier Mlles Georgette Kiethega et Blandine Nacoulma pour leurs encouragements et tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie enfin toute la vaillante population de la province du Yatenga pour leur hospitalité et la disponibilité dont ils ont fait preuve à mon égard au cours de mon séjour.

SIGLES ET ABREVIATIONS

- CES** : Conservation des eaux et des sols
- CIMMYT** : Centro internacional de mejoramiento de maiz y trigo
(Centre international d'amélioration du maïs et du blé)
- GCES** : Gestion conservatoire des eaux et des sols
- GERES** : Groupe européen de restauration des eaux et des sols
- GRN** : Gestion des ressources naturelles
- INERA** : Institut de l'environnement et de la recherche agricole
- INSD** : Institut national de la statistique et de la démographie
- ONG** : Organisation non gouvernementale
- MA** : Ministère de l'agriculture
- MCO** : Moindres carrés ordinaires
- MV** : Maximum de vraisemblance
- RV** : Ratio de vraisemblance
- VARAN** : Valeur actuelle des revenus additionnels nets

LISTE DES TABLEAUX, GRAPHIQUES ET CARTE

TABLEAUX

	pages
Tableau I	Effets du zaï et des cordons pierreux sur la production du sorgho..... 23
Tableau II	Liste des variables explicatives du modèle d'adoption.....32
Tableau III	Détails des hypothèses de travail sur l'adoption des techniques de CES...33
Tableau IV	Liste des variables explicatives de la fonction de production.....35
Tableau V	Répartition de la population du Yatenga.....44
Tableau VI	Répartition du nombre de ménages par village.....50
Tableau VII	Modalités de la collecte des données.....51
Tableau VIII	Résultats de l'estimation des modèles d'adoption.....57
Tableau IX	Résultats de l'estimation des modèles alternatifs.....62
Tableau X	Résultats de l'estimation de la fonction de production 1.....68
Tableau XI	Résultats de l'analyse de la fonction de production 2.....70
Tableau XII	Résultats de l'évaluation de la rentabilité des mesures de CES.....72
Tableau XIII	Résultats de l'estimation des taux d'adoption.....74

GRAPHIQUES

Graphique n° 1	Pluviosité moyenne au Yatenga par décade de 1960 à 1999.....40
Graphique n° 2	Evolution des taux d'adoption.....75

Carte de la province du Yatenga39
--	---------

LISTE DES PHOTOS

	pages
Photo n° 1 : ravine traitée par une digue filtrante en gabion.....	17
Photo n° 2 : parcelle traitée par une digue filtrante en pierres libres.....	17
Photo n° 3 : parcelle traitée par le zaï.....	20
Photo n° 4 : parcelle traitée par les cordons pierreux.....	20
Photo n° 5 : parcelle traitée par le zaï et les cordons pierreux.....	20

TABLE DES MATIERES

	Pages
Résumé.....	i
Dédicace.....	ii
Remerciements.....	iii
Sigles et abréviations.....	iv
Liste des tableaux, graphiques et cartes.....	vi
Liste des photos.....	vii
TABLE DES MATIERES.....	3
INTRODUCTION	4
1.1. <i>Problématique</i>	4
1.2. <i>Objectifs de l'étude</i>	6
1.3. <i>Hypothèses de l'étude</i>	6
CHAPITRE I : ETAT DES CONNAISSANCES ET CADRE ANALYTIQUE.....	8
SECTION I : EROSION	8
1.1.1. <i>Phénomène de l'érosion</i>	8
1.1.2. <i>Erosion hydrique</i>	8
1.1.2.1. <i>L'érosion en nappes</i>	9
1.1.2.2. <i>L'érosion en rigoles</i>	9
1.1.2.3. <i>L'érosion en ravines</i>	9
1.1.3. <i>Facteurs déterminants de l'érosion hydrique</i>	10
1.1.3.1. <i>Les facteurs naturels</i>	10
1.1.3.2. <i>Les facteurs humains</i>	10
1.1.4. <i>Effets de l'érosion hydrique</i>	11
1.1.5. <i>Erosion éolienne</i>	11
1.1.5.1. <i>Principes de l'érosion éolienne</i>	11
1.1.5.2. <i>Facteurs de l'érosion éolienne</i>	11
1.1.6. <i>Effets de l'érosion éolienne</i>	12
SECTION II : MESURES DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS.....	13
1.2.1. <i>Concepts et définitions</i>	13
1.2.2. <i>Mesures de conservation des eaux et des sols</i>	14
1.2.2.1. <i>Les techniques d'ordre biologique</i>	14
1.2.2.2. <i>Les techniques d'ordre physique</i>	14
1.2.3. <i>Evolution des approches en matière de mesures de conservation des eaux et des sols au Yatenga</i>	21
1.2.4. <i>Evaluation des mesures de conservation des eaux et des sols</i>	22
1.2.4.1. <i>Impact sur les rendements</i>	22
1.2.4.2. <i>Impact social</i>	23
1.2.4.3. <i>Les déterminants de l'adoption</i>	23
SECTION III : CADRE CONCEPTUEL.....	24
1.3.1. <i>Modèles d'adoption</i>	24
1.3.1.1. <i>Définition de l'adoption</i>	24
1.3.1.2. <i>Les modèles conceptuels de l'adoption</i>	25
1.3.2. <i>Modèles économétriques</i>	25
1.3.2.1. <i>Fondement économique</i>	26
1.3.2.2. <i>Le modèle Tobit</i>	26
1.3.2.3. <i>Le modèle probit</i>	27
1.3.2.4. <i>Le modèle logit</i>	27
1.3.3. <i>Modèles d'évaluation de la rentabilité</i>	28
1.3.4. <i>Modèles d'analyse des déterminants de l'efficacité des techniques</i>	28
1.3.5. <i>Modèles d'estimation des taux et des vitesses d'adoption</i>	28
SECTION IV : INSTRUMENTS D'ANALYSE	29
1.4.1. <i>Modèle d'adoption des techniques de CES</i>	29
1.4.1.1. <i>Spécification du modèle</i>	29
1.4.1.2. <i>Méthode d'estimation</i>	30
1.4.1.3. <i>Hypothèses du modèle d'adoption</i>	31
1.4.2. <i>Evaluation de la rentabilité des mesures de CES</i>	31
1.4.2.1. <i>Spécification du modèle</i>	31
1.4.2.2. <i>Méthode d'estimation</i>	32

1.4.3. Déterminants de l'efficacité des techniques de CES.....	32
1.4.3.1. Spécification du modèle.....	32
1.4.3.2. Méthode d'estimation.....	33
1.4.4. Evolution des taux d'adoption.....	34
1.4.4.1. Spécification du modèle.....	34
1.4.4.2. Méthode d'estimation.....	34
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA PROVINCE DU YATENGA.....	36
SECTION I : ENVIRONNEMENT PHYSIQUE.....	36
2.1.1. Découpage géo-administratif.....	36
2.1.2. Géologie et géomorphologie.....	36
2.1.3. Climat.....	38
2.1.4. Sols.....	39
2.1.5. Flore.....	40
SECTION II : ENVIRONNEMENT HUMAIN ET SOCIO-ECONOMIQUE.....	40
2.2.1. Historique.....	40
2.2.2. Population et démographie.....	41
2.2.3. Modes d'appropriation de l'espace.....	42
2.2.4. Système traditionnel d'occupation de l'espace.....	42
2.2.4.1. Le groupe des cultivateurs.....	42
2.2.4.2. Le groupe des pasteurs.....	43
2.2.5. Système traditionnel d'organisation du travail.....	43
2.2.6. Principales activités de production.....	43
2.2.6.1. L'agriculture.....	43
2.2.6.2. L'élevage.....	43
2.2.7. Choix du site.....	44
2.2.8. Choix des techniques.....	44
SECTION III : ECHANTILLONNAGE.....	45
2.3.1. Donnée fondamentale.....	45
2.3.2. Méthode de sondage.....	45
2.3.3. Tirage de l'échantillon.....	46
SECTION IV : COLLECTE ET GESTION DES DONNEES.....	46
2.4.1. Collecte des données.....	46
2.4.2. Logiciels d'analyse.....	47
CHAPITRE III : RESULTATS DE L'ANALYSE DES DETERMINANTS DE L'ADOPTION DES TECHNIQUES DE CES.....	48
SECTION I : VALIDITE ECONOMETRIQUE DES MODELES.....	48
3.1.1. Préalables pour l'utilisation des tests.....	48
3.1.1.1. Le test du rapport des maxima de vraisemblance.....	48
3.1.1.2. Les tests des paramètres individuels.....	49
3.1.2. Validité économétrique de l'estimation de l'adoption du zaï.....	49
3.1.2.1. Adéquation d'ensemble du modèle.....	49
3.1.2.2. Signification des coefficients individuels.....	49
3.1.3. Validité économétrique de l'estimation de l'adoption des cordons pierreux.....	50
3.1.3.1. Adéquation d'ensemble du modèle.....	50
3.1.3.2. Signification statistique des coefficients individuels.....	50
3.1.4. Validité économétrique de l'estimation de l'adoption du zaï et des cordons pierreux.....	50
3.1.4.1. Qualité de l'ajustement.....	50
3.1.4.2. Signification statistique des coefficients individuels.....	51
SECTION II : ANALYSE DES COEFFICIENTS INDIVIDUELS.....	52
3.2.1. Actifs.....	52
3.2.2. Age.....	52
3.2.3. Formation.....	53
3.2.4. Matériel agricole.....	53
3.2.5. Appartenance à une organisation paysanne.....	54
3.2.6. Cheptel.....	55
3.2.6.1. Bovins.....	55
3.2.6.2. Petits ruminants.....	56
3.2.7. Niveau d'éducation.....	57
3.2.8. Perception.....	57
3.2.9. Superficies exploitées.....	58
CHAPITRE IV : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA FONCTION DE PRODUCTION, DE LA RENTABILITE ET DES TAUX D'ADOPTION.....	60

SECTION I : ANALYSE DE LA FONCTION DE PRODUCTION	60
4.1.1. Validité économétrique du modèle 1	60
4.1.1.1 <u>Adéquation d'ensemble du modèle</u>	61
4.1.1.2 <u>Signification statistique des coefficients individuels</u>	61
4.1.2. Validité économétrique du modèle 2	62
4.1.2.1 <u>Adéquation d'ensemble</u>	62
4.1.2.2 <u>Signification statistique des coefficients individuels</u>	62
4.1.3. Analyse des coefficients individuels	63
4.1.3.1 <u>La superficie</u>	63
4.1.3.2 <u>La fumure organique</u>	63
4.1.3.3 <u>La fumure minérale</u>	64
4.1.3.4 <u>Age des cordons pierreux</u>	65
4.1.3.5 <u>La formation</u>	65
SECTION II ; EVALUATION DE LA RENTABILITE DES TECHNIQUES DE CES.....	66
4.2.1. Evaluation de la rentabilité du zaï	66
4.2.2. Evaluation de la rentabilité des cordons pierreux	67
SECTION III ; EVOLUTION DES TAUX D'ADOPTION.....	68
4.3.1. Validité économétrique de l'estimation	68
4.3.2. Analyse de la courbe	68
CONCLUSION ET SUGGESTIONS.....	70
BIBLIOGRAPHIE	74
ANNEXES	80

INTRODUCTION

1.1. Problématique

Le détachement des particules du sol de leur emplacement initial puis leur transport et leur dépôt par l'eau ou le vent a pour conséquence directe la dégradation des sols. Ce phénomène naturel peut être accéléré entre autres par les actions anthropiques. Chaque année, 75 milliards de tonnes métriques de sols sont déplacées sur la surface de la terre par l'érosion éolienne et hydrique. De même, 50% de la surface terrestre est affectée par des processus anthropiques de dégradation des sols. Chaque année, 6 à 7 millions d'hectares de terres agricoles dans le monde sont rendues improductives par l'érosion (Reij *et al.* 1996). La dégradation des sols entre 1945 et 1990 a contribué à réduire la production alimentaire mondiale de 17% (WRI, 1999).

L'Afrique subsaharienne est quotidiennement confrontée au phénomène de l'érosion qui contribue à fragiliser la production agro-sylvo-pastorale. Ce phénomène est plus crucial pour les pays dont l'économie repose sur l'agriculture au sens large. Selon Swinton et Gebremedhin (2001), la dégradation des sols est l'un des problèmes fondamentaux auxquels sont confrontés les Etats de l'Afrique au sud du Sahara dans leurs efforts d'accroissement des productions, de réduction de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire.

Le développement du Burkina Faso nécessite en plus de la croissance économique, une meilleure satisfaction des besoins fondamentaux (alimentation, santé et éducation) et une réduction de la pauvreté. Ce développement ne peut se faire si le Burkina Faso ne se départit pas de son cliché de pays à vocation uniquement agricole. L'histoire nous montre à travers les pays développés que ce type de développement passe néanmoins par la consolidation du secteur agricole. Cette consolidation nécessite une politique de promotion d'une agriculture durable, c'est-à-dire une agriculture viable sur le plan économique et acceptable sur le plan écologique.

Or, selon l'INERA (2000a), environ 24% des terres arables du Burkina Faso sont fortement dégradées et menacent de nuire à la qualité du milieu naturel et à la sécurité alimentaire à moyen et long termes. La dégradation des sols est un des grands problèmes de la région Nord-Ouest du Burkina Faso (Rochette, 1990).

L'environnement naturel de la province du Yatenga est caractérisé par une armature du relief essentiellement constituée par des cuirasses ferrugineuses et une prédominance de sols pauvres en matières organiques. Comme conséquence logique de tout cela, on assiste à une raréfaction de la végétation naturelle.

L'environnement humain et socio-économique de cette province se caractérise par une densité de la population élevée, un grand nombre d'ovins et de caprins et des activités économiques basées sur l'exploitation extensive du milieu naturel qui est de plus en plus rétréci et dégradé. La conséquence est un déficit céréalier chronique. Pour le Burkina Faso en général et le Yatenga en particulier où on constate un recul écologique et socio-économique en déphasage important avec la croissance démographique, il convient d'envisager une plus grande protection des sols. C'est pourquoi, dans sa déclaration de politique de développement agricole durable élaborée dans le cadre du programme d'ajustement du secteur agricole (PASA), le gouvernement du Burkina Faso fait de l'amélioration de la gestion de la fertilité des sols un des objectifs spécifiques devant permettre d'atteindre l'objectif de développement assigné au secteur agricole.

Actuellement, l'exploitation des ressources naturelles se fait sans leur renouvellement. Avec cette situation, les terres n'ont plus la capacité de soutenir une agriculture intensive et durable pour servir de moteur au développement des autres secteurs de l'économie nationale. Roose (1989) souligne à ce sujet que l'intensification de la production en zone semi-aride passe obligatoirement par la maîtrise de l'eau surtout sur les bassins versants où se développent les cultures pluviales largement dominantes. L'INERA (2000a) ajoute qu'en moyenne 31% de la pluviosité annuelle est perdue par ruissellement sur un terrain non aménagé et qu'en situation de terrain aménagé par les cordons pierreux par exemple, le ruissellement est réduit de 5 à 23%. Selon le MA (1999), les pertes de terre dues à l'érosion sont estimées dans les différentes zones à 28 tonnes/ha/an au Nord, 8 à 15 tonnes/ha/an pour le centre et 3 à 9 tonnes au Sud-Ouest.

La conservation des eaux et des sols (CES) est perçue comme l'ensemble des mécanismes qui, lors de la mise en valeur des ressources naturelles, tendent à maintenir (et si possible augmenter) les potentialités de production ; les sols et l'eau étant les éléments fondamentaux de ces potentialités, pourrait être un rempart à l'érosion hydrique (Doro, 1991). La recapitalisation et l'amélioration de la fertilité des terres constitue l'un des moyens les plus efficaces pour assurer la sécurité alimentaire, réduire la pauvreté, sauvegarder l'environnement et créer les conditions d'un accroissement durable du secteur agricole. Cet objectif pour être atteint passe par la construction d'ouvrages pour lutter contre l'érosion du sol. Selon le MA (1999) la dégradation des sols est exacerbée par les faibles taux d'adoption des technologies pour une exploitation plus intensive et durable des sols. Ces taux se répartissent comme suit :

- 15% d'adoption de techniques de lutte contre l'érosion ;
- 11% pour les pratiques agroforestières ;
- 27% pour l'utilisation de la fumure organique.

L'existence de techniques de CES accroissant la production est un fait, leur adoption par les producteurs est un autre. Comment concilier ces deux réalités pour préserver l'environnement agro-écologique et contribuer ainsi à la promotion d'une agriculture durable ?

Les questions de recherche que nous nous posons sont les suivantes :

- Quels sont les facteurs qui déterminent l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols ?
- Les techniques de CES sont-elles économiquement rentables ?
- Quels sont les facteurs qui déterminent l'efficacité des techniques de CES une fois qu'elles sont adoptées ?

1.2. Objectifs de l'étude

L'objectif global de la présente étude est d'analyser les facteurs déterminants de l'adoption des technologies de CES.

Pour atteindre cet objectif nous nous sommes fixé les objectifs spécifiques suivants :

- évaluer les coûts de mise en œuvre des techniques de CES et leur rentabilité ;
- analyser les facteurs déterminant l'adoption des techniques de CES au Yatenga ;
- dégager et estimer les facteurs déterminant l'efficacité des techniques de CES ;
- estimer les taux d'adoption des techniques de CES.

1.3. Hypothèses de l'étude

Pour entreprendre notre étude nous posons les hypothèses construites à partir de la littérature et des caractéristiques propres à la zone retenue :

- les techniques de CES sont économiquement rentables ;
- l'adoption des techniques est positivement influencée par le capital humain ;
- la taille de l'exploitation accroît la probabilité d'adoption des techniques de CES ;
- la disponibilité des ménages à adopter les techniques de CES est conditionnée par un équipement conséquent ;
- la formation sur les techniques de CES améliore leur efficacité.

L'étude s'articule autour de quatre chapitres.

Le premier fait l'état des connaissances sur les techniques de CES et le cadre conceptuel dans lequel nos analyses seront menées.

Le second chapitre présente la zone de l'étude et la démarche que nous avons adoptée pour le choix de la population à étudier.

Les résultats de l'analyse des déterminants de l'adoption des techniques de CES sont traités dans le troisième chapitre.

Le quatrième et dernier chapitre, concerne les résultats de l'analyse de la fonction de production, l'évaluation de la rentabilité des techniques et les taux d'adoption.

CHAPITRE I : ETAT DES CONNAISSANCES ET CADRE ANALYTIQUE

Ce chapitre, divisé en quatre sections nous permettra d'abord de mieux appréhender le phénomène de l'érosion et les mesures de CES utilisées pour réduire ses effets négatifs. Il nous permettra ensuite de présenter les instruments d'analyse que nous allons appliquer à la province du Yatenga.

SECTION I : EROSION

1.1.1. Phénomène de l'érosion

L'érosion vient du latin «erodere» qui est un verbe signifiant «ronger». C'est un ensemble de phénomènes physico-chimiques qui transforment la structure et modifient la composition du sol support nourricier de l'Homme. L'érosion recouvre plusieurs processus très variables dans le temps et dans l'espace.

➤ Dans le temps on distingue :

- l'érosion naturelle ou géologique (morphogénèse) qui se déroule continuellement mais très lentement dans le milieu naturel en équilibre avec la vitesse de formation des sols par altération des roches.

La quantité de terre enlevée par ce type d'érosion sur un hectare est en moyenne de 0,1 à 1 tonne/an (Roose, 1994). C'est elle qui a conduit à la formation du paysage actuel dans son ensemble.

- l'érosion anthropique ou accélérée découlant de la combinaison des causes géologiques et de la gestion irrationnelle des ressources naturelles par l'Homme.

Par cette dernière forme d'érosion, 50 tonnes de sols/ha/an sont arrachées à la terre, ce qui représente à peu près 400 mm d'épaisseur de sol par siècle (Roose, 1994).

➤ Dans l'espace, elle se caractérise par le détachement des particules du sol de leur emplacement initial, puis leur transport et dépôt par l'eau ou le vent. Ces agents de transport sont à l'origine de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne.

1.1.2. Erosion hydrique

L'érosion hydrique est le mécanisme par lequel l'eau de pluie déplace les particules du sol. Les particules sont arrachées par l'eau, transportées et déposées en un autre endroit (bas-fonds, zones non dégradées). Dans la province du Yatenga, les mesures de conservation visent en priorité le contrôle de l'érosion par l'eau. L'érosion par l'eau est perceptible principalement sous trois formes : l'érosion en nappes, l'érosion en rigoles et l'érosion en ravines.

1.1.2.1. L'érosion en nappes

Par cette forme d'érosion, toute la surface du terrain en pente, même si la pente est faible, est progressivement érodée par l'eau de ruissellement de manière plus ou moins uniforme. Le sol se trouve décapé et devient de plus en plus sableux et pauvre. Les actions de l'écoulement se caractérisent par la dissolution des particules solubles du sol dont certaines sont emportées par la lame d'eau de surface, la suspension des particules très fines et le transport des particules moyennes et grossières du sol. C'est un phénomène très progressif et difficile à percevoir. Selon Roose (1994), l'érosion en nappe est plus dangereuse car on la distingue mal, elle réduit la capacité d'infiltration des sols (croûte de battance) et elle enlève sélectivement les particules fines et légères.

L'érosion en nappes conduit à l'amincissement de l'horizon A qui est un horizon de surface caractérisé par la présence de matière organique correspondant aux apports biologiques.

1.1.2.2. L'érosion en rigoles

C'est une érosion localisée, correspondant à l'accentuation de l'érosion en nappes. Elle se manifeste par des incisions de la couche labourée et consiste en l'entraînement des différentes particules du sol. Des rigoles ou griffes d'érosion de 10 à 50 cm de profondeur apparaissent sur les sols mis en culture.

1.1.2.3. L'érosion en ravines

C'est une accentuation de l'érosion en rigoles. L'incision dépasse la couche labourée et on peut aboutir avec le temps à des ravines profondes de 1 m et même plus ayant des formes de V ou en U.

1.1.3. Facteurs déterminants de l'érosion hydrique

L'érosion dans la province du Yatenga comme partout ailleurs dans cette partie du Burkina Faso résulte de l'action combinée des facteurs naturels et humains.

1.1.3.1. Les facteurs naturels

➤ Le climat

Le climat agit principalement par la pluie, elle est la cause primaire de l'érosion. Il n'y a pas d'érosion sans transport, donc sans ruissellement, lequel constitue un refus à l'infiltration. L'intensité de la pluie est le paramètre qui lie la pluie à l'érosion. L'énergie cinétique que les gouttes de pluie dissipent en détruisant la structure de la surface du sol (battance) est donc favorisée si le sol n'est pas protégé.

➤ Le sol

Les sols du Yatenga sont pauvres en matières organiques et reposent sur une armature cuirassée d'où une moindre stabilité structurale et une infiltration faible des eaux de ruissellement. La pente de glacis également, même faible, agit comme un facteur d'érosion par sa longueur et surtout par la nature orageuse des précipitations.

➤ La végétation

La végétation constitue un rempart pour briser l'énergie cinétique des gouttes de pluie et réduire donc leur impact sur le sol. La végétation à travers les racines contribue à maintenir le sol face au ruissellement. Dans le Yatenga, les formations végétales sont pauvres et ouvertes d'où une exposition des sols à l'action érosive des pluies et des vents.

1.1.3.2. Les facteurs humains

La destruction de la couverture végétale pour diverses raisons est le facteur principal stimulant le processus de l'érosion :

- le défrichage pour l'installation des cultures ;
- la coupe des arbres pour le bois de chauffe, de service ;
- les feux de brousse ;
- certaines pratiques culturales notamment le travail du sol qui, effectué de façon inappropriée favorise l'érosion du sol (le billonnage dans le sens de la pente du terrain par exemple).

A l'annexe A nous avons schématisé les inter-relations entre les facteurs naturels et humains dans le processus de dégradation de l'écosystème notamment par l'érosion des sols.

1.1.4. Effets de l'érosion hydrique

Les effets de l'érosion sont ressentis très rapidement par les paysans et se manifestent principalement par :

- une dégradation de la structure du sol ;
- l'assèchement des puits traditionnels en saison sèche consécutif à une baisse du niveau de la nappe phréatique (faiblesse des infiltrations) ;
- la pénurie de surfaces cultivables contribuant à accélérer la migration des travailleurs actifs vers le Sud du pays et vers la Côte d'Ivoire ;
- les pertes d'eau, d'engrais et de pesticides ;
- la baisse des rendements agricoles ;
- l'augmentation des matières de suspension et l'augmentation des débits de pointe des rivières.

1.1.5. Erosion éolienne

L'érosion éolienne est le mécanisme par lequel le vent déplace les particules du sol.

1.1.5.1. Principes de l'érosion éolienne

De manière théorique, les principes mécaniques qui régissent le rôle du vent en tant que facteur de l'érosion éolienne relèvent de la dynamique des fluides. Le vent est un écoulement de l'air dont la dynamique varie en fonction de la distance au sol et des inégalités de surfaces (rugosité) de ce dernier. L'érosion du sol se fait grâce à l'opposition de 2 forces : le vent et la résistance du sol. C'est ainsi que, du fait de leur diversité, les sols répondent différemment à l'énergie cinétique qui leur est appliquée.

1.1.5.2. Facteurs de l'érosion éolienne

➤ La texture du sol

La texture ou mode de répartition en taille des particules à l'intérieur du sol, est un élément fondamental de l'érodibilité par le vent. Elle détermine la facilité avec laquelle un sol peut être érodé.

➤ La structure du sol

La structure du sol correspond à l'agencement des particules entre elles. Cette organisation des particules (en agrégats) influence la réponse du sol aux contraintes extérieures du vent.

➤ Les propriétés hydriques du sol

L'eau peut affecter l'érosion éolienne par l'impact qu'elle peut avoir sur les sols lors du splash. Mais elle intervient plus couramment à l'intérieur même du sol par ses alternances d'humectation et de dessiccation.

➤ La végétation

Comme l'érosion hydrique, l'érosion éolienne augmente exponentiellement lorsque le couvert diminue. Ainsi, selon Valentin (1994), les pertes en terres dues au vent sont multipliées par 4 lorsque ce couvert passe de 40 à 20%.

Les facteurs humains, qui, rappelons-le sont inter-dépendants sont les mêmes que ceux de l'érosion hydrique.

1.1.6. Effets de l'érosion éolienne

Les effets de l'érosion hydriques sont localisés par rapport à ceux de l'érosion éolienne qui peuvent être intercontinentaux.

➤ A l'échelle locale et régionale

Dans les domaines secs où l'érosion éolienne prédomine, la dégradation des sols se manifeste essentiellement par :

- un changement dans la texture du sol et dans leur potentiel de fertilité du fait des processus de déflation et de vannage sélectif ;
- la disparition des horizons superficiels du sol, habituellement les plus propices à la végétation et aux cultures.

➤ A l'échelle globale

Selon Coudé-Gaussen (1994), il existe un risque majeur à l'échelle globale, l'ensablement. Les régions du monde où ce risque est le plus important sont les bordures désertiques.

L'augmentation de 8 à 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la densité de la poussière dans l'air, mesurée dans les Barbades (Etat des petites Antilles) entre 1967 et 1973 a été attribué à la sécheresse qui sévissait alors au Sahel (Coudé-Gaussen, 1994).

La brume sèche est un risque plus insidieux. La présence de poussière dans l'atmosphère se traduit par une réduction de la visibilité due à une diffusion optique des particules en suspension ce qui contribue à gêner la circulation routière et aérienne. Les aérosols minéraux contribuent aussi à aggraver la pollution atmosphérique des grandes villes en régions sèches.

Compte tenu des multiples effets négatifs de l'érosion, il est nécessaire de prendre des mesures pour les minimiser. La section suivante est consacrée aux mesures prises par les populations du Yatenga à cet effet.

SECTION II : MESURES DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS

Sous ce titre sont développées les formes particulières d'actions mises en œuvre dans la province du Yatenga pour la conservation des eaux et des sols (CES). Ces actions sont divisées en deux parties : les approches en matière de CES et les techniques de CES.

1.2.1. Concepts et définitions

La conservation des eaux et des sols (CES) est un élargissement de la notion de défense et restauration des sols (DRS) qui est elle-même beaucoup plus ancienne. La conservation des eaux et des sols se définit comme l'ensemble des mesures qui, lors de la mise en valeur des ressources naturelles, tendent à maintenir (et si possible augmenter) les potentialités de production ; les sols et l'eau étant les éléments fondamentaux de ces potentialités. Pour Roose (1994), l'érosion sans relation directe avec la productivité des cultures n'est pas suffisante pour susciter la mise en œuvre de mesures de CES d'où le concept de la gestion conservatoire des eaux et des sols (GCES) qui, au-delà de la conservation des eaux et des sols, s'intéresse à la gestion de la fertilité des sols. Nous utiliserons en ce qui nous concerne ces concepts en ayant à l'esprit que l'objectif du paysan est de mieux contrôler l'eau de ruissellement pour améliorer la fertilité des sols afin de pouvoir maintenir ou si possible accroître ses rendements.

1.2.2. Mesures de conservation des eaux et des sols

Il existe une kyrielle de techniques de CES dans le Yatenga, mais nous allons nous intéresser surtout dans ce mémoire aux cordons pierreux et au zaï. Pour les raisons de ce choix, se référer à la section II du chapitre II (page 47).

1.2.2.1. Les techniques d'ordre biologique

Les techniques de ce groupe se situent dans le cadre des cultures agricoles tendant à améliorer la couverture du sol par les plantes cultivées ou non ou par les résidus de culture. Nous pouvons citer :

- les associations de cultures dont les plus fréquentes sont l'association sorgho/niébé et mil/niébé ;
- le mulching ou paillage ;
- la fertilisation organique par le compost ou le fumier ;
- les haies vives de ligneux ;
- les engrais verts (production de biomasse).

Les techniques biologiques ont pour objectifs essentiels de :

- protéger le sol grâce à une couverture (paillage, associations de cultures) ;
- améliorer la résistance du sol à l'érosion en améliorant sa structure (utilisation du compost, du fumier, enfouissement des résidus de culture) ;
- protéger les cultures et les ouvrages anti-érosifs contre les vents et le ruissellement (haies vives).

1.2.2.2. Les techniques d'ordre physique

Elles regroupent les ouvrages construits ou creusés dont l'objectif est de créer des obstacles au ruissellement et de diminuer l'érosion des sols. Au Yatenga, les mesures physiques utilisées sont :

- les diguettes en terre ;
- les digues filtrantes ;
- les cordons pierreux ou diguettes en pierres ;
- le zaï ou tassa ou cuvette d'eau ;
- les demi-lunes ;

- les façons culturales.

Comme nous l'avons déjà souligné, nous nous intéresserons particulièrement aux cordons pierreux et au zaï, les autres techniques feront simplement l'objet de définition.

➤ Les diguettes en terre

Les diguettes en terre sont des ouvrages qui sont entièrement construits en terre (diguettes classiques) ou renforcés par des pierres (diguettes empierrées), dont l'objectif est de freiner la vitesse des eaux de ruissellement et de maximiser l'infiltration. Actuellement au Yatenga cette technique est très peu utilisée et se limite aux zones ne disposant pas de pierres pour la construction d'autres dispositifs.

➤ Les digues filtrantes

La digue filtrante est un ouvrage relativement important en gabions (photo n°1) ou en pierres libres (photo n° 2) construit en travers d'une ravine pour lutter contre l'érosion. L'ouvrage laisse passer l'eau à travers les pierres libres ou les gabions, mais arrête les particules solides.

La digue filtrante a pour rôle :

- de ralentir la vitesse des eaux de ruissellement concentrées, de les étaler et, ce faisant, de favoriser leur infiltration ;
- de filtrer et d'assurer le dépôt en amont des particules solides entraînées et ainsi reprofiler le lit de la ravine ;
- permettre l'évacuation des eaux excédentaires, ce qui permet d'éviter les inondations.

La page suivante présente les photographies des deux types de digues filtrantes.

Photo n° 1 : ravine traitée par une digue filtrante en gabion



Source : photographie réalisée par l'auteur

Photo n° 2 : parcelle traitée par une digue filtrante en pierres libres



Source : photographie réalisée par l'auteur

➤ Les demi-lunes

Une demi-lune est une excavation peu profonde (25 cm au maximum) en forme de demi-lune, avec un rayon de 1 à 2,5 m. En aval de la partie ronde, une diguette est mise en place. L'écartement en quinconce varie entre 5 et 8 m sur le tracé des courbes de niveau et de 2,5 à 4 m suivant la pente (Vlaar, 1992).

➤ Les façons culturales

Elles désignent l'ensemble des opérations agricoles ayant pour objet le travail de la terre au moyen d'instruments aratoires. La manière dont la terre est travaillée et ameublie, lui confère une certaine configuration et une certaine structure qui fait qu'elle freine plus ou moins les eaux de ruissellement qui s'infiltrent alors plus ou moins. Nous pouvons citer :

- le labour à plat qui consiste à retourner la bande travaillée à plat, la terre étant renversée vers l'aval ; ce qui permet l'enfouissement des mauvaises herbes, du compost et éventuellement du fumier ;
- le scarifiage qui consiste à gratter le sol sur quelques centimètres avec un instrument aratoire à dents ;
- le sarclage et le binage consistent à enlever les mauvaises herbes tout en ameublissant le sol ;
- le buttage consiste à faire des buttes de terre sur les lignes des plants en cours de végétation.

➤ Les cordons pierreux

Les cordons pierreux ou diguettes en pierres ou pierres alignées sont des ouvrages anti-érosifs constitués par un arrangement judicieux de pierres sur une courbe de niveau (photo n° 4).

Les cordons pierreux ont pour but :

- de freiner la vitesse des eaux de ruissellement en nappe ;
- d'infiltrer au maximum les eaux dans le sol ;
- d'évacuer les excédents qui ne peuvent s'infiltrer.

D'une manière générale, la diguette est continue sur une courbe de niveau mais certaines diguettes comportent des sections en demi-lune, c'est le cas des diguettes dans certains sites plantés d'arbres. Les pierres couramment utilisées sont des blocs de cuirasse ferrugineuse appelés moellons, de formes et de dimensions variables. La hauteur et la largeur sont comprises entre 20 et 35 cm en moyenne. Selon Kaboré *et al.* (1994) on distingue trois types de cordons pierreux.

➤➤ Le système à trois pierres

Le système à trois pierres est encore appelé système FEER (en référence au fonds de l'eau et de l'équipement rural qui l'a développé). Il requiert les étapes suivantes pour sa construction :

- le traçage des courbes de niveau avec la méthode d'arpentage ;
- le passage de tracteur et d'une charrue à disque rejetant la terre en amont ;
- la disposition des moellons sur deux couches successives ;
- le tassement de la terre rejetée en amont du cordon, le long de celui-ci.

➤➤ Le système à pierres dressées avec sous-solage

Il a été développé par le projet conservation des eaux et des sols/agro-foresterie (CES/AGF) et sa construction nécessite les étapes suivantes :

- traçage des courbes de niveau avec la méthode d'arpentage ;
- deux passages de tracteur et de sous-soleuse à deux dents pour créer trois sillons ;
- les gros moellons sont placés verticalement dans le sillon du milieu et les petits à l'amont ;
- sous les pierres dressées on dispose de gros moellons à plat au pied du cordon pour maintenir les moellons verticaux.

Photo n° 3 : Parcelle traitée avec du zaï



Source : photographie réalisée par l'auteur

Photo n° 4 : parcelles traitées avec des cordons pierreux



Source : photographie réalisée par l'auteur

Photo n° 5 : parcelle traitée avec le zaï et les cordons pierreux



Source : photographie réalisée par l'auteur

➤➤ Le système à pierres alignées

C'est le plus simple des systèmes de cordons pierreux, il consiste à aligner les moellons le long de la courbe de niveau. Il requiert le moins de pierres mais favorise un ruissellement plus important.

➤ Le zaï¹

➤➤ Historique

Le zaï, encore appelée tassa ou cuvette d'eau, est une pratique agricole locale qui a été élaborée dans le centre de la région sahélienne au cours de la première moitié du 20^{ème} siècle. Bien que ses origines exactes soient incertaines, elle est apparue dans la province du Yatenga avant 1950 (Ouedraogo et Kaboré, 1996). Le mot zaï est un mot mooré signifiant «se dépêcher, aller très vite pour gagner à manger, creuser» (Kaboré *et al.* 1995). La technique du zaï a été abandonnée pendant la période de bonne pluviométrie des années 50 à 60 pendant laquelle les paysans n'en avaient plus besoin pour être reprise pendant les sécheresses récurrentes des années 70 (Ouedraogo et Kaboré, 1996).

➤➤ Description

Le zaï consiste à creuser en saison sèche un trou de 30 à 50 cm de diamètre et de 10 à 20 cm de profondeur tous les 0,8 à 1,2 m de distance en rejetant la terre en aval (par rapport au sens de la pente) pour former un croissant (photo n° 3). Les termites exploitent les feuilles et les résidus de récoltes qui y sont piégés à la faveur du vent. Au début de la saison des pluies, le producteur y dépose du fumier ou du compost (entre 200 et 600 g). Il sème en poquets 10 à 15 graines (à sec ou après la première pluie) de mil ou de sorgho. Lors des premières pluies, le ruissellement très abondant sur ces sols généralement encroûtés est piégé dans ces cuvettes et pénètre profondément dans le sol par les canaux des termites pour former des poches d'eau à l'abri de l'évaporation directe. Les graines germent rapidement, trouvent des macropores, de l'eau et des nutriments en profondeur et profitent du pic de minéralisation de l'azote (Roose et Rodriguez, 1990).

¹ le zaï et les cordons pierreux peuvent être combinées dans la même parcelle (photo n° 5)

1.2.3. Evolution des approches en matière de mesures de conservation des eaux et des sols au Yatenga

La lutte contre la dégradation des sols au Burkina Faso date des années 1960 avec le projet du groupe européen de restauration des eaux et les sols (GERES). Initié en 1961, ce projet est parti du constat de la dégradation continue des terres cultivées et sylvo-pastorales et du caractère dérisoire des pratiques traditionnelles de CES par rapport à l'ampleur du problème (Hien, 1995). Ce projet de «grande envergure» couvrait le Yatenga central et avait pour objectif «l'aménagement rationnel de l'espace». La philosophie de ce projet tel que le rapporte Marchal (1983) était donc de mettre au point une méthode efficace de lutte contre l'érosion des sols et créer ainsi un choc psychologique qui détermine l'adhésion de la population aux méthodes préconisées pour obtenir des résultats. Le résultat du projet fut l'amplification du ruissellement, la dégradation du réseau de fossés par manque d'entretien, le ravinement des parties basses des champs et l'abandon du projet en 1966 après un constat d'échec.

Après l'échec du GERES, il a fallu attendre 1975 pour que la défense et la restauration des sols redevienne le projet prioritaire à l'organisme du développement rural (ORD) du Yatenga sous le financement du fonds pour le développement rural (FDR). L'adhésion de la population à ces interventions peut être perçue comme un signe de reconnaissance des effets des mesures de CES pour leur système de production. Serpantié (1988)² pose cependant une question fondamentale : « les paysans redemandent-ils une fois servis »? La suite du projet montre une absence d'entretien des ouvrages et le non-respect des consignes (végétalisation des diguettes par exemple). Nous pouvons citer entre autres raisons, la déresponsabilisation due aux aides alimentaires anarchiques ; la mauvaise représentation du village par le groupement qui est l'émanation de l'encadrement et où on ne compte que des nantis.

On ne peut que constater que la désertification avance et que les projets passent. Pourtant, plusieurs projets et organisations non gouvernementales (ONG) décident de revenir à la source (les paysans du Yatenga connaissent des techniques anti-érosives). L'approche organisationnelle adoptée par la majorité de ces projets n'est pas d'imposer des modèles d'organisation aux paysans, mais plutôt de faire en sorte qu'ils s'organisent eux-mêmes à la base et qu'ils créent leurs structures à partir de leurs traditions. Les techniques ainsi vulgarisées sont transmises aux populations par des animateurs endogènes. L'objectif de ces projets est d'adapter ces techniques aux conditions écologiques et socio-économiques des populations.

² cité par Hien (1995)

1.2.4. Evaluation des mesures de conservation des eaux et des sols

Les mesures de conservation des eaux et des sols sont apparues aux Etats Unis d'Amérique avec l'essor de la culture du maïs au cours de la période 1870-1937 (Roose, 1994). Depuis cette période, des études sous différents angles ont été menées sur les mesures de CES.

1.2.4.1. Impact sur les rendements

Des mesures de production à l'aide de carrés de rendement ont été effectuées en 1994 et 1995 par l'INERA (2000b) pour apprécier l'impact des aménagements de CES sur la production du sorgho dans deux localités du Nord-Ouest du Burkina Faso. Il ressort de cette étude une hausse des rendements comprise entre 20 et 131% par rapport au témoin suivant les différentes techniques de CES (tableau I).

Tableau I : effets du zaï et des cordons pierreux sur la production du sorgho³.

Type de champs	Rendements par site			
	Baszaïdo		Lankoué	
	Kg/ha	% augmentation	Kg/ha	% augmentation
Champs non aménagés (champs témoins)	245	0	483	0
Champs avec cordons pierreux	392	60	-	-
Champs avec zaï	-	-	605	25
Champs avec zaï et ⁴ cordons pierreux	566	131	607	26

Source : INERA (2000b)

En Tanzanie, Barkley *et al.* (1999) grâce à une fonction de profit ont évalué l'impact économique de l'érosion des sols. L'objectif de cette étude est de proposer un modèle montrant l'évolution simultanée de la dégradation du sol et de l'utilisation d'engrais. Ils ont montré qu'il existe une relation positive entre le prix des produits agricoles et l'investissement en mesures de CES.

Aux Philippines, Shively et Coxhead (1995) ont montré qu'il existe une relation déterminante entre les changements économiques et environnementaux. L'impact environnemental a été mesuré au cours de cette étude par la dégradation des sols. Selon ces auteurs, l'investissement en technique pour la culture du maïs (une culture exigeante et caractérisée par une demande inélastique) entraîne une réduction des superficies et donc une

³ les données manquantes sont dues à une inondation des champs.

⁴ dans toute la suite de l'étude, « zaï et cordons pierreux » constituent une technique (parcelle où on retrouve les cordons pierreux en combinaison avec le zaï).

baisse de la dégradation des sols. Ils ajoutent néanmoins que ce résultat demeure vrai aussi longtemps que les gains de productivité résultent d'une baisse des coûts de production (notamment pour la technologie). Dans ce contexte donc, il existerait une relation entre les politiques économiques et la dégradation des sols.

Aux Philippines toujours, Shively (1998) a montré que les haies vives contribuaient à accroître les rendements et à réduire leur variabilité. Cependant, la magnitude et la signification statistique de ces relations variaient suivant les modèles de régression.

Sur des parcelles de culture au Sénégal (2,5 ha), la mise en place de trois rangées de cordons pierreux dans les passages d'eau a permis de faire chuter le charriage de 1 tonne/ha/an à 200 kg/ha/an dès la première année (Ruelle *et al.* 1990).

1.2.4.2. Impact social

Au Burkina Faso, Atampugre (1993) a montré qu'au-delà des aspects purement techniques le projet agro-forestier (intervenant en matière de cordons pierreux dans le Nord-Ouest) a facilité une prise de conscience des populations en matière d'organisation et de gestion efficace des ouvrages de CES. Cependant, il a montré que la pratique des cordons pierreux était fonction des classes sociales (riches et pauvres). Goldstem et Udry (1999) notent qu'il existe une riche littérature sur l'analyse sociale de l'adoption de nouvelles techniques. Ces études se sont surtout focalisées sur le choix individuel du paysan face à une nouvelle technique potentiellement profitable. Ces auteurs ont également montré que la source d'information est déterminante sur l'adoption des techniques. En considérant un village comme une unité sociologique, ils sont arrivés à montrer qu'au Ghana l'apprentissage social contribue à guider le paysan dans ses choix.

Selon Thevoz (2000) la nécessité de ne prendre aucun risque, pour la communauté comme pour l'individu est prioritaire. Une population qui se trouve aux limites de la survie ne peut pas se permettre de prendre le risque d'une innovation majeure ou qu'elle considère comme telle.

1.2.4.3. Les déterminants de l'adoption

Les déterminants de l'adoption des techniques anti-érosives ont fait l'objet de multiples études. Blend et Van Ravenway (1997), Young *et al.* (2000) ont par exemple mis en évidence la relation positive qui existe entre l'éducation, la taille de l'exploitation et l'adoption des techniques anti-érosives (cas de l'érosion éolienne). Selon Westra et Olson (1997), Isik (2001) ; le risque est un déterminant de l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols. Mais la définition d'une telle variable dans le contexte du Yatenga est difficile. La variabilité des rendements d'une année à l'autre est fortement liée aux aléas climatiques. L'appartenance à une

zone agro-climatique pluvieuse au Péru par exemple est négativement liée à l'adoption des pratiques anti-érosives (Swinton, 2000).

Pour le Burkina Faso, Ouédraogo (1999) a montré que l'âge du chef de ménage et la taille du ménage sont déterminants dans l'adoption des cordons pierreux dans le plateau central. Cet auteur n'a pas abordé le cas du zaï. Kazianga et Masters (2001) ont montré grâce à un modèle tobit que le genre, le système d'élevage sont déterminants pour l'adoption aussi bien du zaï que celui des cordons pierreux. Ils n'ont cependant pas tenu compte des variables socio-économiques propres au chef de ménage (âge, formation, niveau d'éducation) et au ménage (actifs, taille de l'exploitation).

L'environnement écologique de la province du Yatenga est fortement dégradé par le phénomène de l'érosion. Diverses techniques de CES ont été préconisées dans cette province suivant une multitude d'approches. La nécessité et les résultats sur le plan agronomique de ces techniques ne sont plus à démontrer. Mais les résultats sur le terrain ont montré qu'on ne peut pas penser environnement en dehors de l'action des sociétés qui occupent, transforment et gèrent un espace. Une action environnementale en matière de CES aura donc plus de chance d'aboutir seulement si les populations locales ont un intérêt objectif à modifier leurs anciennes pratiques. Comment peut-on quantifier l'effet des facteurs explicatifs du transfert de ces techniques de CES ? La section suivante présente le cadre conceptuel pouvant nous permettre de cerner ces différents aspects du transfert technologique.

SECTION III : CADRE CONCEPTUEL

Albert Einstein répondait à ceux qui disaient que les chercheurs qui cherchent on en trouve et ceux qui trouvent on en cherche par ceci : «en science, le résultat importe peu mais ce qui compte surtout c'est la démarche prise par le chercheur pour aboutir à un résultat». Cette section, loin de faire de nous des chercheurs, permettra aux lecteurs de mieux comprendre la démarche que nous avons adopté pour obtenir des résultats.

1.3.1. Modèles d'adoption

1.3.1.1. Définition de l'adoption

Il existe de nombreuses définitions classiques de l'adoption. Selon le CIMMYT (1993), l'adoption de nouvelles techniques peut être définie de plusieurs manières selon qu'on se base

sur l'application totale du paquet technologique, sur les superficies traitées par cette technique, sur le nombre d'années de son utilisation, etc. Selon Featherstone *et al.* (1997), l'adoption est le degré avec lequel une nouvelle technologie est utilisée, en équilibre avec les autres activités, sur une longue période en supposant que le paysan a une information complète sur la technologie et son potentiel. Cette définition, un peu absconse au début, loin de cerner tout le processus complexe de l'adoption, fait ressortir les caractéristiques fondamentales de ce processus qui sont : la durée d'utilisation, l'équilibre avec les autres activités et le choix rationnel du paysan.

1.3.1.2. Les modèles conceptuels de l'adoption

L'existence de plusieurs définitions de l'adoption a comme corollaire la multitude de modèles conceptuels. Ghadin et Pannel (1999) par exemple ont développé plusieurs modèles qui sont :

- le modèle statique de la décision individuelle où l'objectif du paysan est de maximiser seulement le profit de la saison à venir ;
- le modèle d'adoption dynamique avec développement des aptitudes où l'objectif du paysan est de maximiser le profit au-delà d'une période de n années ;
- le modèle dynamique avec incertitude et expérimentation où l'objectif du paysan est de maximiser la valeur nette actuelle du profit ;
- le modèle d'adoption basé sur la théorie de Bayes.

Selon la classification de Negatu et Parikh (1999), il existe trois groupes pour les modèles d'adoption : (i) le modèle de l'innovation-diffusion, (ii) le modèle des contraintes économiques, (iii) le modèle des caractéristiques technique-utilisateur. C'est le troisième groupe qui nous intéressera surtout, compte tenu des difficultés de collecte de données pour les deux premiers et compte tenu de nos hypothèses de travail. Selon ce modèle, les caractéristiques de la technique dans le contexte agro-écologique, socio-économique et institutionnel de l'exploitation jouent un rôle central dans le processus d'adoption. De même il tient compte de la diversité des activités qui a une influence sur l'adoption selon Nerlove *et al.* (1996). Ce modèle a également le mérite de pouvoir intégrer la perception du paysan qui a été une variable très peu étudiée (Adesina et Zinnah, 1992).

1.3.2. **Modèles économétriques**

Sous ce titre, nous allons nous limiter aux modèles économétriques les plus utilisés dans les études d'adoption de techniques agricoles.

1.3.2.1. Fondement économique

La théorie économique qui sous-tend les modèles économétriques sur l'adoption est la maximisation de l'utilité. Gourieroux (1989) a montré successivement que :

- les choix rationnels sont déduits de choix dans des ensembles à deux modalités (choix binaires) ;
- les choix rationnels sont transitifs et peuvent ainsi être déduits de la maximisation d'une fonction d'utilité.

Cette démonstration l'a conduit à énoncer le théorème suivant : les ensembles de sélection peuvent être déduits de la maximisation d'une utilité si et seulement si les choix sont rationnels. Ces détails sont importants car notre définition de l'adoption suppose un choix rationnel du paysan.

La théorie de la maximisation de l'utilité est généralement utilisée pour expliquer la réponse du paysan face à une nouvelle technique (Adesina et Zinnah, 1992). Selon Prato *et al.* (1996), la fonction d'utilité est généralement utilisée pour l'étude des facteurs entrant en compte dans la décision du paysan pour la gestion des agro-écosystèmes. Selon cette théorie, une nouvelle technique de CES sera adoptée par le paysan si l'utilité associée à la nouvelle technique excède celle de l'ancienne technique.

Soit U_{ij} l'utilité que le paysan i accorde à la technique j avec $j = \{0,1\}$ indiquant l'adoption ou non de la technique et $i = \{1,2,\dots,n\}$

On a $U_{ij} = f(E_i, X_j)$ où E_i indique les caractéristiques du ménage i et X_j les caractéristiques de la technique j . La décision du paysan est donc un processus de deux alternatives mutuellement exclusives, il adopte ou il n'adopte pas.

Le $i^{\text{ème}}$ paysan utilisera la technique j si $U_{j1} > U_{j0}$. Etant donné la nature de la variable expliquée qui est l'adoption, nous allons utiliser un modèle qui s'adapte à cette variable.

1.3.2.2. Le modèle Tobit

Le modèle Tobit simple, utilisé par Adesina et Baidu-Forson (1995), Baidu-Forson (1999) est surtout adéquat lorsque l'adoption prend en compte l'intensité d'adoption. Ce qui conduit donc à un modèle où la variable expliquée est quantitative mais limitée. Notre définition de l'adoption ne tient pas compte de la superficie traitée par les techniques (intensité de l'adoption). Le modèle tobit n'est donc pas approprié pour notre étude.

1.3.2.3. Le modèle probit

Le modèle probit utilisé par Lapar *et al.* (1999), donne seulement la probabilité d'adoption. Mais il reste un modèle efficace qui permet d'analyser quantitativement les effets des variables explicatives sur la probabilité d'adoption. Une approche conceptuelle sur ce modèle, semblable à celle du modèle tobit est basée sur les travaux de Rahm et Huffman (1984)⁵. Cette approche est aussi basée sur la théorie de la maximisation de l'utilité. La préférence du $i^{\text{ème}}$ paysan pour une nouvelle technique est donnée par la différence entre le bénéfice net que pourrait lui rapporter la nouvelle technique par rapport à l'ancienne.

Si le paysan juge la nouvelle technique bénéfique $a^*_i > 0$ dans le cas contraire il continue avec l'ancienne pratique et $a^*_i \leq 0$. Notons que a^*_i est une variable latente (non toujours observable).

$$a^*_i = \sum_{j=1}^n \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$
 où les X_{ij} constituent un ensemble de variables explicatives et ε_i le terme de l'erreur.

Pour le paysan nous avons $a^*_i \leq 0 \Rightarrow a_i = 0$ et $a^*_i > 0 \Rightarrow a_i = 1$ où a_i est la variable dépendante associée à l'adoption.

$$P_i = \text{prob}(a_i = 1) = \text{prob}\left(\sum_{j=1}^m \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i > 0\right) = F\left(\sum_{j=1}^m \beta_j X_{ij}\right)$$

où F est la fonction de répartition.

En considérant que cette fonction de répartition est normale nous avons ainsi un modèle probit. Ce modèle probit est donc adéquat pour l'analyse des probabilités observées (0,1) où les

informations sur la variable latente sont uniquement observées sur $\sum_{j=1}^m \beta_j X_{ij}$.

1.3.2.4. Le modèle logit

Le modèle logit a été utilisé par Shiferraw et Holden (1998) et a fourni de bons résultats sur l'analyse de l'adoption des techniques de CES. La différence entre le modèle probit et logit se situe au niveau de la fonction de répartition. Habituellement la distribution de F suit une loi normale centrée réduite (pour le modèle probit) et une loi logistique pour le modèle logit.

Par définition on a :

$$F(X) = \int_{-\infty}^X \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \text{ pour le modèle probit et } F(X) = 1/(1 + e^{-X}) \text{ pour le modèle logit.}$$

⁵ cité par Negatu et Parikh (1999)

1.3.3. Modèles d'évaluation de la rentabilité

Les économistes ont développé plusieurs méthodes de détermination et de justification du coût d'opportunité du capital et le taux de préférence sociale dans le temps. Pour évaluer la rentabilité des projets, trois critères d'analyse sont généralement utilisés :

- la valeur actuelle des revenus additionnels nets (VARAN), utilisée par Ehui *et al.* (1991) ;
- le rapport coût bénéfice (B/C), utilisé par De Graaf et Stroonijder (1994) ;
- le taux de rentabilité interne (TRI), utilisé par Kaboré et Lowenberg (1994).

1.3.4. Modèles d'analyse des déterminants de l'efficacité des techniques

La fonction de production décrit la réponse moyenne en quantité produite à un niveau donné d'intrants. Selon Kaboré et Lowenberg (1994), les fonctions de production sont une technologie appropriée pour une situation de recherche agricole dans laquelle une réponse rapide à faible coût est nécessaire pour des problèmes urgents. Les fonctions puissance ont été largement utilisées dans l'estimation des fonctions de production (Kaboré et Lowenberg, 1994 ; Wang, 2001). Leur nature multiplicative prend en compte les interactions entre les différents facteurs et les coefficients sont directement interprétables comme des élasticités de production . La plus utilisée est la fonction puissance de type Cobb-Douglas.

D'autres formes fonctionnelles sont utilisées pour l'estimation des fonctions de production. Ce sont par exemple la forme linéaire simple utilisée par Ouédraogo (1999), la forme quadratique utilisée par Savadogo *et al.* (1998), la forme quadratique orthogonale utilisée par Hamoudi *et al.* (1997).

1.3.5. Modèles d'estimation des taux et des vitesses d'adoption

La diffusion d'un bien durable chez les ménages se mesure par les taux d'équipement ou d'adoption : proportion des ménages possédant le bien étudié. Les méthodes statistiques les plus couramment utilisées en économétrie (la régression linéaire par exemple) sont inappropriées au traitement des variables dépendantes qualitatives ou plus généralement à des domaines de variations limités. Il existe plusieurs modèles pour ces types de variables mais nous nous

limiterons à les définir suivant la répartition des variables étudiées. Selon Trougnon (1978) nous pouvons distinguer :

- le modèle de Cramer où la distribution de la variable dans la population est gaussienne ;
- le modèle logistique où la distribution du logarithme de la variable est logistique ;
- le modèle de Rault où la fonction de répartition est la loi normale à deux dimensions centrée et semi-réduite.

Pour décrire le processus entier d'adoption, il est préférable de distinguer l'adoption mesurée à une période donnée et la diffusion qui donne le niveau d'évolution de l'adoption depuis l'introduction jusqu'à la période d'observation (Batz *et al.* 1999). Pour décrire le processus de diffusion nous allons utiliser la fonction logistique ou courbe de Verhulst ou courbe de Pearl, proposée par le CIMMYT (1993). Ce modèle a le mérite de pouvoir être estimé avec un très faible nombre d'observations.

La section suivante, concerne les instruments d'analyse que nous avons choisi afin de mener notre étude dans la province du Yatenga.

SECTION IV : INSTRUMENTS D'ANALYSE

1.4.1. Modèle d'adoption des techniques de CES

1.4.1.1. Spécification du modèle

Théoriquement on a l'adoption des techniques de CES qui peut s'écrire comme une fonction de plusieurs variables et définie comme suit :

Adoption = f (actifs femmes, actifs hommes, âge, formation, matériel aratoire, matériel de transport, membre d'une organisation, nombre de bovins, niveau d'éducation, nombre de petits ruminants, perception, superficies)

En regroupant les actifs et la valeur des deux types de matériel agricole, nous pouvons écrire la forme alternative suivante :

Adoption = f (actifs, âge, niveau d'éducation, formation, membre d'une organisation, matériel total, nombre de bovins, nombre de ruminants, perception, superficies)

Ces équations seront estimées sous forme probit pour l'adoption du zaï, des cordons pierreux et du « zaï et des cordons pierreux » .

Pour les détails sur les variables explicatives se référer au tableau n° II.

1.4.1.2. Méthode d'estimation

Le modèle probit est un modèle hautement non-linéaire. Par conséquent l'utilisation de la méthode des moindres carrés ordinaires n'est pas possible. Elle peut se faire grâce à la méthode du maximum de vraisemblance, du khi-deux minimum ou par la méthode de Berkson généralisée. L'étude asymptotique menée sur ces estimateurs par Gourieroux (1989) montre qu'ils possèdent de bonnes propriétés dans les cas habituels des modèles logit et probit : ils sont continus et indéfiniment dérivables par rapport aux différentes variables. Ils convergent presque sûrement vers la vraie valeur du paramètre à estimer. Pour le modèle probit la règle la plus utilisée est l'estimateur du maximum de vraisemblance (MV). Les paramètres sont estimés par les valeurs rendant maximale la vraisemblance ou de manière équivalente la log-vraisemblance.

La fonction de vraisemblance est obtenue en remplaçant a_i^* dans la fonction de répartition F (de la loi normale) . En prenant le logarithme naturel de la vraisemblance, on obtient :

$$\ln L = -n/2 \ln (2\pi) - n/2 \ln (\sigma^2) - 1/2\sigma^2(a - X\beta)'(a - X\beta)$$

La résolution numérique classique des équations de vraisemblance sont toutes fondées sur la méthode de Newton. Il existe plusieurs méthodes de résolution qui en découlent telle que l'algorithme de Newton-Raphson, la méthode du score, la méthode de Berndt-Hall-Hall-Hausman.

En pratique on obtient les estimateurs maximisant la vraisemblance en résolvant l'équation suivante : $\partial(\ln L)/\partial\theta = 0$

Tableau II : liste des variables explicatives du modèle d'adoption

Variables	Types	Mesures
Age	Quantitative	Détermine le nombre d'années du chef de ménage (CM)
Niveau d'éducation	Quantitative	Détermine le nombre d'année (s) passées dans un établissement scolaire ou d'alphabétisation
Actifs	Quantitative	Mesure le nombre d'actifs travaillant effectivement dans les parcelles du chef de ménage (CM)
Membre organisation paysanne	Qualitative	Indique si le chef de ménage est membre d'un groupement ou d'une association de paysans. Elle prend la valeur 1 si le CM est membre et 0 sinon.
(matériel)	Quantitative	Mesure la valeur en millier de FCFA du matériel agricole du CM
Perception	Qualitative	Indique la perception qu'a le chef de ménage sur l'impact de la technique sur les rendements. Elle prend la valeur 1 si bonne perception et 0 sinon.
Distance	Quantitative	Mesure la distance en km entre le champs étudié et la concession du chef de ménage.
Formation	Qualitative	Indique si oui ou non le CM a eu une formation sur la mise en œuvre de la technique. Elle prend la valeur 1 si oui et 0 sinon ;
Bovins	Quantitative	Désigne le nombre de bovins appartenant au chef d'exploitation.
Petits ruminants	Quantitative	Désigne le nombre de petits ruminants (caprins et ovins) qui sont sous la responsabilité du CM.

Source : construction de l'auteur

1.4.1.3. Hypothèses du modèle d'adoption

Sur la base de la revue de la littérature et des caractéristiques de notre zone d'étude, nous nous sommes fixé un certain nombre d'hypothèses (tableau III) que nous allons essayer de vérifier.

Tableau III : détails des hypothèses du modèle sur l'adoption des techniques de CES

Variables	Effet supposé
Capital humain	
Age	Négatif
Niveau d'éducation	Positif
Formation sur une ou des techniques de CES	Positif
Taille de l'exploitation	
Nombre d'actifs	Positif
Superficies exploitées	Positif
Matériel agricole	
Matériel aratoire	Négatif
Matériel de transport	Positif
Cheptel	
Petits ruminants	Positif
Bovins	Positif

Source : construction par l'auteur

1.4.2. Evaluation de la rentabilité des mesures de CES

1.4.2.1. Spécification du modèle

La valeur actualisée des revenus additionnels nets (VARAN) a été mise au point par E. Böhm-Bawerk dans la théorie alternative du temps et du capital et a été utilisée par plusieurs auteurs pour estimer la rentabilité du capital. Selon Dixon *et al.* (1989), la VARAN doit faire partie de n'importe quel critère ou schéma de classement pour le choix d'un projet. Selon Ehui *et al.* (1991), le signe de la VARAN permet d'estimer la rentabilité du capital investi en technique de CES. La formule de la VARAN peut s'écrire comme suit :

$$\text{VARAN} = \sum_{t=1}^n (R_t - R'_t)(1+r)^{-t} - I$$

où R_t et R'_t sont les revenus nets durant l'année t pour les systèmes respectivement avec et sans techniques de CES.

r est le taux d'actualisation

t indique le nombre d'années d'observations

I est l'investissement initial pour la technique de CES

1.4.2.2. Méthode d'estimation

Pour le calcul, un seul et unique taux d'actualisation sera d'abord utilisé dans chaque cas, bien qu'on puisse faire une analyse de sensibilité (à différents taux). Ensuite, tous les prix utilisés pour l'analyse sont réels et ont été fournis par le service des prix à la consommation et des enquêtes auprès des ménages de l'INSD. Enfin, l'actualisation sera faite sur base annuelle.

L'investissement initial pour les cordons pierreux a été évalué sur la base du temps de travail obtenu en multipliant le nombre d'heures par jour (qui ont été nécessaires) par le nombre de jours utilisés. En tenant compte du nombre total de personnes ayant participé au travail (extraction et construction de l'ouvrage) on obtient le nombre d'heures total. Nous avons considéré la valeur de l'heure de travail fournie par Kaboré *et al.* (1994) qui est de 50 FCFA.

Pour le zaï, nous avons simplement compté le nombre de trous. Pour l'évaluation de l'investissement initial, nous avons tenu compte du prix du trou qui est de 10 FCFA.

Les coûts de production concernent le coût des engrais minéraux, le coût de la fumure organique (1000 FCFA/charrette)⁶, le coût des semences, le coût des pesticides utilisés et les frais d'entretien pour les cordons pierreux (800FCFA/ha/an). Les frais d'entretien pour les cordons pierreux sont estimés sur la base du nombre d'heures nécessaire à l'entretien des ouvrages (16 heures).

1.4.3. **Déterminants de l'efficacité des techniques de CES**

1.4.3.1. Spécification du modèle

Le modèle de réponse que nous avons choisi décrit le processus de production d'une spéculature que nous avons retenue en fonction de la disponibilité des données.

La fonction puissance (fonction de type Cobb-Douglas) sous sa forme générale peut être spécifiée comme suit :

$$Q = AX_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} X_3^{\alpha_3} \dots X_n^{\alpha_n}$$

Où Q représente la quantité produite en kg/an de sorgho dans la première estimation et dans la seconde Q est le rendement en kg/ha/an.

X_n représente les intrants

α_n sont les paramètres à estimer

A est la constante (intercept).

⁶ les coûts donnés entre parenthèses sont supposés être constants d'une année à l'autre

Par passage aux logarithmes on a : $\log Q = A + \alpha_1 \log X_1 + \alpha_2 \log X_2 + \dots + \alpha_n \log X_n$ (1)

Le modèle théorique à estimer peut s'écrire de la façon suivante :

$$\log \text{prod} = A + \alpha_1 \log \text{superficie} + \alpha_2 \log \text{engrais} + \alpha_3 \log \text{agecp} + \alpha_4 \log \text{formation} + \alpha_5 \log \text{fumure}$$

où les α_i sont les paramètres à estimer.

La signification des variables explicatives est indiquée dans le tableau IV.

Tableau IV : liste des variables explicatives de la fonction de production

Variables	Notations	Types	Mesures
Quantité moyenne d'engrais utilisée dans la parcelle	Engrais	Quantitative	Mesure la quantité moyenne en kg d'engrais utilisée sur la parcelle.
Quantité moyenne de fumure organique utilisée dans la parcelle	fumure	Quantitative	Mesure la quantité moyenne de fumure organique utilisée sur la parcelle.
Formation	formation	Qualitative	Détermine si oui ou non le paysan a reçu une formation entrant directement ou indirectement dans la mise en œuvre des cordons pierreux. Elle prend la valeur e si oui et l si non.
Age des cordons pierreux	agecp	Quantitative	Mesure le nombre d'années des ouvrages.
Superficie	superficie	quantitative	Mesure la superficie en ha de la parcelle exploitée.

Source : construction de l'auteur

1.4.3.2. Méthode d'estimation

L'équation (1) peut être estimée grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO). Le choix des valeurs des paramètres selon la méthode des MCO se fait tel que la somme des carrés des résidus soit minimale. Le résidu étant l'écart entre la valeur observée de la variable dépendante et la valeur prédite par la régression.

Un des avantages de la méthode des MCO dans le cas du modèle linéaire et des variables dépendantes quantitatives en général est de pouvoir être appliquée en dehors des conditions « optimales » d'utilisation. Cette méthode est donc robuste à certaines modifications du modèle initial.

1.4.4. Evolution des taux d'adoption

1.4.4.1. Spécification du modèle

Nous avons retenu la fonction logistique parce qu'elle est l'une des fonctions la plus rencontrée dans la littérature, de même elle ne requiert pas un nombre important d'observations.

Mathématiquement cette fonction se présente comme suit :

$$Y_t = K / (1 + e^{-b_0 - b_1 t}) \quad (2)$$

Où Y_t est le pourcentage cumulé des adeptes à l'année t

K est le maximum atteint par le taux d'adoption ;

b_1 est une constante relative au taux d'adoption ;

b_0 est une constante relative à l'année où l'adoption a commencé.

Avec un nombre suffisant d'observations sur Y on peut estimer les paramètres K , b_1 , b_0 avec un modèle de régression non linéaire.

L'équation (2) est transformée comme suit : $Y_t / (K - Y_t) = e^{b_0 + b_1 t}$

Par passage aux logarithmes on a donc $\ln[Y_t / (K - Y_t)] = b_0 + b_1 t$

$\ln[Y_t / (K - Y_t)]$ peut être transformée en une nouvelle variable où K sera estimée en choisissant parmi les observations la valeur maximale.

Pour étudier la vitesse d'adoption, nous pouvons utiliser la pente de la fonction logistique. Cette méthode reste cependant très difficile à appliquer. Nous allons donc utiliser la formule proposée par Batz *et al.* (1999) : $Vitesse = K / t_{(K-10\%)}$

Où Vitesse est la vitesse de complète adoption (qui est la pente de la fonction logistique)

$t_{(K-10\%)}$ est la période où $K-10\%$ de paysans ont adopté la technique.

1.4.4.2. Méthode d'estimation

Par définition ce modèle n'étant pas linéaire, la transformation ci-dessus permet de faciliter l'estimation. Par une méthode de régression sur le temps employé sur le modèle linéarisé, on obtient une courbe qui sera comparée à celle obtenue par la fonction logistique (prédiction de l'évolution). De même, la méthode de régression sur le temps employé sur le modèle linéarisé, nous permet de calculer la somme des carrés des résidus (SCR). Le seuil optimal est celui qui correspond au minimum des SCR_i calculées, autrement dit le seuil optimal correspondra au K donnant le R^2 le plus élevé.

D'une façon générale, il existe un certain nombre d'hypothèses à respecter pour les estimations à l'aide de modèles économétriques. Nous distinguons les hypothèses structurelles et les hypothèses stochastiques (liées à l'erreur ε) :

➤ Hypothèses structurelles

H_1 : n , le nombre d'observations est supérieur au nombre de variables explicatives k ($n > k$)

H_2 : il y a une absence de colinéarité entre les variables explicatives, cela signifie que la matrice $(X'X)$ est inversible (non singulière) c'est-à-dire que $(X'X)^{-1}$ existe.

Ce sont ces hypothèses qui garantissent l'existence d'une solution.

➤ Hypothèses stochastiques

H_3 : $E(\varepsilon_t) = 0$, cette hypothèse permet d'obtenir des estimateurs sans biais.

H_4 : $E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2$, c'est l'hypothèse d'homoscédasticité c'est-à-dire que la marge d'erreur est la même du début à la fin de la période ou qu'elle est identique en tout point de l'échantillon.

H_5 : $E(\varepsilon_t \varepsilon_{t'}) = 0, \forall t \neq t'$ c'est-à-dire que les erreurs sont indépendantes (non corrélées).

H_6 : $\varepsilon_t \rightarrow N(0, \sigma^2)$, les termes d'erreurs suivent une loi normale.

En rappel, les principaux outils d'analyse que nous avons choisi sont :

- la valeur actualisée des revenus additionnels net (VARAN) pour l'évaluation de la rentabilité des techniques ;
- le modèle probit pour l'analyse des déterminants de l'adoption des techniques de CES ;
- la fonction puissance de type Cobb-Douglas pour l'estimation des déterminants de l'efficacité des techniques de CES ;
- la fonction logistique pour l'analyse des taux d'adoption.

Le chapitre suivant fait la présentation de la province du Yatenga

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA PROVINCE DU YATENGA

Ce chapitre, divisé en quatre sections va nous permettre d'avoir un aperçu sur le cadre agro-écologique et socio-économique des exploitations de la province du Yatenga et la méthode d'échantillonnage que nous avons adopté.

SECTION I : ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

2.1.1. Découpage géo-administratif

La province du Yatenga est une entité administrative récente. En effet, c'est par ordonnance n°84 –55 CNR/PRES du 15 août 1984 portant découpage du territoire national en 30 provinces qu'elle a été érigée en province. En 1996, suite à la loi n° 09/ADP du 24/4/1996 portant création et dénomination des provinces, elle a été scindée en trois provinces : le Lorum, le Yatenga et le Zandoma. La nouvelle province du Yatenga a une superficie de 6970 km² soit 2,5% du territoire national (Cf. carte n°1).

2.1.2. Géologie et géomorphologie

Le Burkina Faso est en grande partie situé sur le bouclier cristallin moagha, un socle ancien. Ce socle est caractérisé en ce qui concerne le Nord et l'Ouest du pays par des formations précambriennes ou birimiennes formées de schistes, de quartzites et de roches volcaniques.

L'allure générale du Nord du Burkina Faso est celle d'une surface faiblement ondulée, dominée par quelques buttes d'où émergent des régions de collines, associées aux formations birimiennes et aux massifs de plagioclasolites qui sont plus rares. L'armature du relief est principalement constituée par des cuirasses découvertes ou voilées d'une couche détritique ; organisées en plan incliné rayonnant autour des collines rocheuses birimiennes ou plus discrètes, mais non moins largement répandues dans les régions granitiques ou sédimentaires (Boulet, 1968).

BURKINA FASO : la province du YATENGA



LEGENDE

- Gros village
- ▼ Chef lieu de département
- x Chef lieu de province
- Limite de département



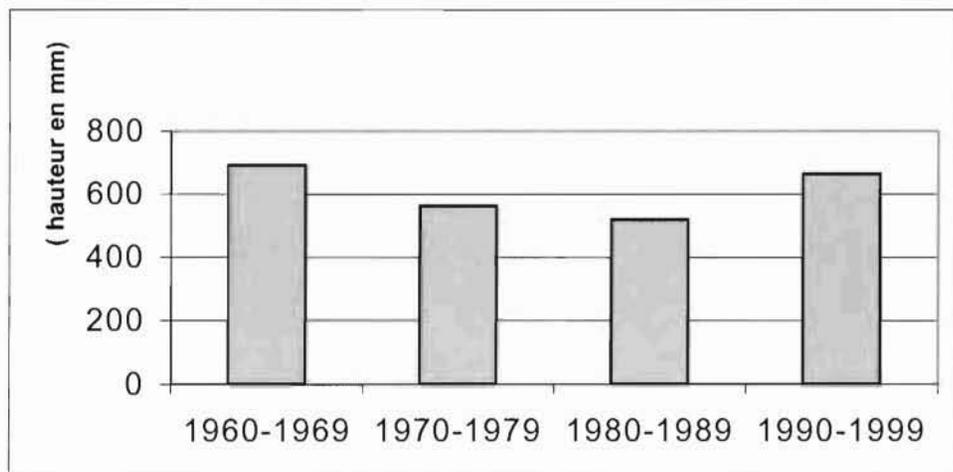
430

Source : Service cartographique de l'INSD

2.1.3. Climat

Le Yatenga, comme les autres provinces du Nord-Ouest, fait partie des provinces les moins arrosées du Burkina Faso. Le graphique ci-dessous indique les pluviosités moyennes annuelles par décennie de 1960 à 1999.

Graphique n° 1 : pluviométrie moyenne au Yatenga par décennie de 1960 à 1999



Source : station météorologique de Ouahigouya

En plus de sa faiblesse, la pluviométrie au Yatenga est irrégulière (annexe B). Ce constat a conduit Dugué et Yung (1992) à dire que l'incertitude climatique constitue une donnée structurelle au Yatenga.

Les vents de saison sèche (les vents d'harmattan) sont de secteur nord-est et soufflent jusqu'à 20-25 km/h dans la matinée et 30 km/h dans l'après-midi. Au-delà de 12° de latitude nord, ces vents varient de 6 à 8 mois et débutent vers fin septembre. La saison des pluies est sous la prédominance d'un courant d'air humide, la mousson, en provenance des hautes pressions océaniques. Les vents de sud-ouest peuvent atteindre 10 à 20 km/h. On enregistre aussi des coups de vent de nord-est à est de 35 à 55 km/h avec des rafales atteignant 55 à 75 km/h lors du passage de grains. La température moyenne annuelle des trois dernières années s'établissait à 28°C avec des maxima atteignant 44°C en avril et des minima de 13°C en janvier⁷.

Toutes ces données climatiques sont entre autres à l'origine de l'accélération de l'érosion des sols. Il s'avère donc urgent de freiner ce phénomène qui contribue à réduire les rendements.

⁷ Toutes les données climatiques ont été obtenues à la station météorologique de Ouahigouya

2.1.4. Sols

Selon Boulet (1968), les types de sols représentés dans la province du Yatenga sont :

➤ Les lithosols sur cuirasse ferrugineuse.

Ces lithosols correspondent aux zones d'affleurement des divers niveaux cuirassés. Les cuirasses sont souvent recouvertes d'une mince couche de débris de démantèlement, ce qui permet le développement de quelques graminées et arbustes. Ces sols n'ont pratiquement pas de matière organique. Les cuirasses affleurantes constituent des impluviums à fort ruissellement, d'où des dommages aux terres cultivables en aval.

➤ Les sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire.

Ce type de sol est le plus répandu au Yatenga. Ce sont des sols développés sur des matériaux gravillonnaires recouvrant certaines cuirasses dont ils dérivent par démantèlement superficiel. L'horizon humifère contient un peu de matière organique dans les 20 premiers centimètres.

➤ Les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley.

Ces sols occupent les bas-fonds ou les plaines alluviales, le taux de matière organique dans ces sols est inférieur à 8%. Le trait dominant est l'hydromorphie due à la présence permanente ou semi-permanente de l'eau dans le sol pendant toute ou une partie de l'année.

➤ Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau argilo-sableux.

Ils sont situés au Sud et au Sud-Ouest de Ouahigouya et caractérisent les régions granitiques. Il y a une formation et une migration de la matière organique mais l'érosion en nappe (cf section érosion) entraîne les éléments fins.

➤ Les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne sur sables éoliens.

Le manteau sableux a une épaisseur inférieure à 3-4m. Ces sols sont humides à partir de 0,5 à 1m vers décembre.

2.1.5. Flore

La province du Yatenga est située dans la partie sud du domaine phytogéographique sahélien, plus précisément dans le secteur subsahélien de celui-ci. Les formations végétales naturelles du domaine sahélien comprennent des savanes arborées, des savanes arbustives et des steppes arbustives.

Les savanes arbustives à *Combretum micranthum* (raando)⁸, *Acacia macrostachya* (karrdega) et *Guiera senegalensis* (Wilinwiga) prédominent au Nord. Au niveau des surfaces cuirassées de la zone granitique règne «la brousse tigrée », caractérisée par une alternance de bandes de végétation et de sols nus. Les plaines sableuses de l'erg ancien sont occupées par une savane steppique composée d'une strate herbacée à *Pennisetum pedicelatum* (Kibgo) et *Aristida longiflora* associée à une formation ligneuse basse et claire dominée par *Boscia senegalensis* et *Bauhinia reticulata*. Dans les villages, on trouve des arbres épars tel que *Adansonia digitata* (Gôga), *Bombax costatum* (Voaka), *Khaya senegalensis* (Kuka) ainsi que des espèces introduites récemment comme *Azadirachta indica* (Neem) et *Eucalyptus camaldulensis*. On note également la présence de parcs à, *Vittelaria paradoxa* (Taanga), *Tamarindus indica* (Pusga), *Lannea acida* (Sambtulga), *Parkia biglobosa* (Roâga) et *Acacia albida*.

SECTION II : ENVIRONNEMENT HUMAIN ET SOCIO-ECONOMIQUE

2.2.1. Historique

Vers la fin du 15^{ème} siècle, les premiers conquérants moosé, venus du sud, arrivent par la partie nord-ouest du bassin de la Volta Blanche (Nakambé), où les Kurumba avaient fondé le royaume du Lurum. Plusieurs royaumes mossé vont se succéder pendant un siècle et demi dans la région, les plus connus étant ceux de Zandoma, de Gambo et de Giti fondés respectivement par Naaba Rawa, Naaba Rimso et Naaba Wumtanango. C'est à Minima, dans la première moitié du 16^{ème} siècle, que fut placé un chef de guerre du Wubritenga (futur royaume de Wogodogo), Naaba Swida.

Vers 1540, écarté du trône du Wubritenga au profit de Naaba Kumumye, Naaba Yadega, fils du Mogho Naaba Nasbïre et fils adoptif de Naaba Swida, quitte la capitale du royaume de son père avec sa sœur Pabre qui a dérobé les emblèmes royaux hérités de Naaba Wubri, le

⁸ les noms entre les parenthèses sont les appellations en mooré (langue couramment utilisée dans la zone de l'étude)

fondateur de la dynastie. Naaba Yadega et Pabre s'établissent ensuite à Tangazugu, près de Gourcy (actuel chef lieu de la province du Zandoma) où réside un ami du prince, Naaba Warma. Ainsi naît le royaume du Yatenga signifiant en langue mooré le pays de Yadega (Yadega-tenga). L'histoire du Yatenga comme Etat indépendant s'achèvera en mai 1895, avec la signature par le Yatenga Naaba Baogo d'un traité plaçant son royaume sous le protectorat de la France (Izard, 1985).

2.2.2. Population et démographie

Selon l'INSD (1998), la population du Yatenga est de 444563 habitants soit 4,3% de la population du Burkina Faso. Avec une densité de 63,6 habitants/km², le Yatenga est la 8^{ème} province la plus peuplée des 45 que compte le Burkina Faso. La population du Yatenga est à 82,2% rurale comme le montre le tableau ci-après.

Tableau V : répartition de la population du Yatenga

	Population totale	Population masculine	Population féminine	Population Active (15-64ans)
Yatenga	444563	208247	236316	204245
Yatenga urbain	52193	26582	25611	28949
Yatenga rural	392370	181665	210705	175296

Source : INSD (1998)

La saturation foncière et la détérioration des conditions de production ont incité les jeunes du Yatenga à aller chercher leur pitance ailleurs. Deux types de migration sont pratiqués :

- la migration internationale à destination principalement de la Côte d'Ivoire ;
- la migration vers les terres agricoles du Sud-Ouest d'où proviennent près de 81% des céréales vendues sur les marchés du Yatenga (Drabo, 1998).

Selon l'INSD (2000), les migrations (durée de vie) concernent 26,4% de la population résidente du Yatenga. Même si les migrations entraînent une réduction de la main-d'œuvre, elles possèdent cependant certains avantages : atténuation de la pression sur l'espace agricole, diminution des bouches à nourrir, apport de numéraires et de céréales notamment en ce qui concerne les migrations agricoles intenses. L'apport d'un migrant mossi à sa famille restée au Yatenga s'établissait en moyenne à 26.000F.CFA par année de séjour en Côte d'Ivoire (Drabo, 1998).

2.2.3. Modes d'appropriation de l'espace

Les modes d'acquisition des droits d'appropriation collective peuvent se faire :

- soit par la force, permettant un pouvoir de domination à la suite d'une conquête (chefferie politique) ;
- soit par la puissance magique sur les forces de la terre avec la capacité d'agir dans le monde de l'invisible et de contrôler les forces de la nature (celle du Tengsoba) ;
- soit par octroi des droits de culture, autorisés par l'un des détenteurs des pouvoirs éminents : le maître de la terre ou l'autorité politique.

Il ressort, dans le droit coutumier du Yatenga, que le droit d'utiliser la terre pour l'exploitation agricole est nettement distinct du droit d'appropriation. Le droit d'exploitation agricole d'une terre découle de l'appartenance à un groupe de parenté, le lignage. Tout membre du lignage détient un droit inaliénable de culture dans le domaine du lignage dont le garant est l'aîné de la génération senior la plus ancienne du lignage.

Néanmoins, cette appropriation domaniale est très largement déléguée aux familles du lignage, puisque la terre s'hérite de père en fils aîné, avec répartition ultérieure entre germains masculins (Ouédraogo, 1992).

2.2.4. Système traditionnel d'occupation de l'espace

Dans le Yatenga, l'espace est occupé essentiellement par le groupe des cultivateurs et celui des pasteurs.

2.2.4.1. Le groupe des cultivateurs

Ce sont des sédentaires vivant dans des villages traditionnels. Le village traditionnel est une unité sociologique organisée dans l'espace. Il est fondé sur des croyances, des relations de lignage et des formes de vie communautaire. Comme Marchal (1986) l'a souligné, il y a une association entre l'espace et le groupe qui l'habite. Le premier groupe installé sur un territoire par un chef concède à son tour des portions de ce territoire à d'autres groupes en fonction de la disponibilité des terres et des besoins des demandeurs. C'est ainsi que se crée le village. Le village se compose de quartiers et de concessions qui regroupent des membres d'un même lignage ou partie de lignage. Le système traditionnel d'occupation de l'espace a créé au niveau des villages et entre certains villages une force de cohésion entretenue par la recherche commune des moyens de subsistance.

2.2.4.2. Le groupe des pasteurs

Contrairement au groupe des cultivateurs, les pasteurs sont mobiles dans l'espace et dans le temps, au gré de la générosité de la nature, à la recherche de pâturages pour les animaux qu'ils élèvent. Ils occupent et utilisent l'espace rural non exploité par les cultivateurs. Il arrive que les cultivateurs autorisent les pasteurs à occuper leur espace en saison sèche contre la fertilisation des sols par les déjections animales. C'est le principe de la vaine pâture.

2.2.5. Système traditionnel d'organisation du travail

L'organisation du travail s'inscrit dans le cadre de la production des biens de subsistance, animée de croyances à l'échelle du village. Au niveau du groupe des cultivateurs à dominance mossi, des formes de travail communautaire, pour apporter de l'aide collective les uns aux autres et résoudre le problème de la subsistance alimentaire ont été mises au point. Une des formes de travail communautaire assez répandue dans la province du Yatenga est le «Nãam ». Le « Kombi-Nãam » est une association temporaire de jeunes gens et de jeunes filles de même âge. Il représente en miniature la structure politique de la société traditionnelle mossi (Ouédraogo, 1990).

2.2.6. Principales activités de production

2.2.6.1. L'agriculture

L'agriculture constitue la principale activité économique de la province du Yatenga. En année de pluviométrie normale, elle assure 85% du revenu agricole des populations de la province (Drabo, 1998). C'est une agriculture de type extensif, c'est-à-dire donc une agriculture consommatrice d'espace.

Les spéculations les plus importantes sont le mil et le sorgho avec respectivement 49% et 43% des superficies emblavées au cours de la campagne 2000-2001 (SSA, 2000).

2.2.6.2. L'élevage

Comme l'agriculture, l'élevage dans le Yatenga est de type extensif avec une prédominance de l'élevage des ovins. Elle se classe la première des provinces en nombre de têtes d'ovins (646.300 têtes). Avec 773.714 têtes de caprins elle se classe deuxième après le Séno (SSA, 2001).

Le besoin accru d'argent pour l'achat de vivres oblige les paysans à s'intéresser plus que par le passé à l'élevage, en particulier celui des petits ruminants (ovins et caprins). L'engouement aujourd'hui constaté pour ce secteur d'activité se lit à travers la pratique de l'embouche (surtout par les femmes) qui permet une meilleure valorisation du bétail destiné au marché. A Iria par exemple, pour 3/4 des ménages environ, 91% des recettes tirées de la vente des animaux ont servi à acquérir des vivres en 1991 (Drabo, 1998).

Après l'agriculture et l'élevage, nous pouvons citer l'orpaillage et le maraîchage comme principales activités de production de contre saison.

2.2.7 Choix du site

Selon le MA (1999), les pertes de terre dues à l'érosion sont estimées au Nord à 28 tonnes/ha/an, 15 tonnes/ha/an pour le centre et 3 à 9 tonnes/ha/an au Sud-Ouest. Depuis les indépendances, plusieurs ONG et projets de développement rural ont entrepris des actions de lutte contre l'érosion grâce à la promotion de techniques de gestion des ressources naturelles (GRN). Le Yatenga a longtemps et est toujours un cadre privilégié pour ces interventions. Le zaï, technique traditionnelle de CES est née dans cette région et son amélioration a permis sa propagation dans des pays comme le Niger et le Mali (Ouédraogo et Kaboré, 1996). D'autres techniques comme le paillage, les digues filtrantes et les cordons pierreux y sont pratiquées (Okali, 1993 ; Ouédraogo et Kaboré 1996).

Les conditions agro-climatiques difficiles de la province du Yatenga font de la conservation des eaux et des sols une nécessité pour la survie de l'agriculture et donc de la majeure partie de la population. Ce sont ces différents aspects qui font de cette province un site idéal pour notre étude.

2.2.8. Choix des techniques

La région du Yatenga faut-il le rappeler est riche sur le plan de la diversité des techniques de conservation des eaux et des sols (CES). Chaque technique a ses caractéristiques propres. La construction d'un modèle englobant plusieurs techniques nécessiterait plus de variables explicatives et donc un échantillon plus grand si nous voulons mieux l'estimer. Le temps et les moyens impartis à notre étude étant limités, nous sommes contraint à faire des choix parmi ces techniques de CES.

Notre choix s'est focalisé sur deux techniques de CES à savoir les cordons pierreux et le zaï pour plusieurs raisons :

- ces techniques sont différentes au regard de leur histoire : le zaï est une technique endogène à la région du Yatenga contrairement aux cordons pierreux qui elle, est exogène ;
- la mise en œuvre de ces techniques est différente sur le plan humain et financier ;
- des études d'impact sur le plan social et agronomique ont été faites sur ces deux techniques ;
- ces techniques présentent l'avantage de pouvoir se combiner.

SECTION III : ECHANTILLONNAGE

2.3.1. Donnée fondamentale

Pour l'enquête par sondage nous avons choisi comme donnée fondamentale de la population à étudier les taux d'adoption. Etant donné que nous voulons faire une analyse des déterminants de l'adoption, il nous faut un échantillon comportant aussi bien des ménages ayant adopté les techniques que des ménages ne les ayant pas adopté. D'après Kazianga et Masters (2001), 19,8% des ménages ont adopté les cordons pierreux à l'échelle des 4 régions agro-climatiques du Burkina Faso. Pour la région Nord, ce taux est de 50,1% pour les cordons pierreux.

2.3.2. Méthode de sondage

Notre mode de sondage s'est fait suivant un choix semi-raisonné. Nous avons constitué des échantillons de villages sur la base du nombre de ménages. Trois groupes ont ainsi été constitué, les gros villages, les villages moyens et les petits villages. Compte tenu de la modestie de nos moyens nous avons effectué une pré-enquête dans deux villages de chaque groupe tiré de façon aléatoire. Sur la base des infrastructures socio-économiques de chaque village, nous avons retenu quatre villages en évitant les cas extrêmes (beaucoup d'infrastructures et peu d'infrastructures). Les villages retenus sont les suivants : Barelogo, Mōgombouli, Nōogo et Solgum.

En général, l'élément fondamental dans la décision sur le type d'échantillonnage est celui du coût (Savadogo, 1990). Ces différents facteurs nous contraignent à nous limiter à une répétition c'est-à-dire quatre villages.

2.3.3. Tirage de l'échantillon

Notre unité d'observation est le ménage comme nous l'avons déjà signalé plus haut. Le ménage est défini comme l'ensemble des personnes parentes ou non, qui vivent dans la même concession, qui prennent en général leurs repas ensemble à partir d'un stock commun et qui répondent à l'autorité d'un seul chef de ménage (Savadogo et Larivière, 1993). Notons que le terme exploitation est considéré de façon équivalente au ménage, mais il fait surtout référence à l'activité agricole.

Le tableau VI fait ressortir le nombre théorique de ménages par village sur la base de 30% du nombre total de ménages. Le tirage de notre échantillon s'est fait de façon aléatoire et indépendante au sein de notre population constituée par l'ensemble des ménages des quatre villages.

Tableau VI : répartition du nombre de ménages par village

	Barcogo (village moyen)	Môgombouli (gros village)	Ndôgo (village moyen)	Solgum (petit Village)	Total
Nombre total de ménages	155	280	130	100	685
Echantillon	46	84	39	30	199

Source : construction par l'auteur à partir de INSD (1998)

SECTION IV : COLLECTE ET GESTION DES DONNEES

2.4.1. Collecte des données

La collecte des données s'est faite suivant les modalités résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau VII : modalités de la collecte des données

Données	Mode de collecte	Support	Population concernée
Primaires	Entretiens individuels, observations directes, mesures	Fiches d'enquêtes	Chefs de ménage
Secondaires	Entretiens, recherches documentaires	Etudes et rapports	ONG, INSD, projets, groupements, INERA, personnes ressources

Source : construction par l'auteur

Le support principal que nous avons utilisé pour la collecte des données est le questionnaire. Il est subdivisé en 4 parties en fonction de l'échantillon auquel il est destiné :

- la première partie est adressée aux chefs de ménage de notre échantillon de 199 ménages et est composée de 7 sections ;
- la seconde, composée de 5 sections est adressée à un échantillon de 9 ménages pour l'évaluation de la rentabilité des techniques de gestion des ressources naturelles ;
- la troisième et quatrième partie du questionnaire, composée chacune d'une section, ont pour objectif respectif la collecte d'informations sur les investissements dans le village et des taux d'adoption.

Pour plus d'informations sur le contenu de notre questionnaire, se référer à l'annexe C et D. Les données secondaires sur les taux d'adoption ne sont pas disponibles dans tous les projets et ONG dans lesquels nous nous sommes rendu. Les données disponibles étaient pour la plupart estimées en superficies traitées par les cordons pierreux. Nous nous sommes contentés des données d'un seul village de notre échantillon (Mögombouli).

2.4.2. Logiciels d'analyse

Nous avons utilisé le logiciel EXCEL pour la saisie de nos données. Ces données ont été transportées sur le logiciel statistical package for social sciences (SPSS) pour l'analyse descriptive, l'estimation de la fonction de production et l'estimation de la fonction logistique. La version utilisée est SPSS 8.0. De même, le logiciel micro-time series processor econometric views (MICRO-TSP EVIEWS), qui est un logiciel spécialisé en économétrie est utilisé pour l'estimation du modèle probit. La version que nous avons utilisée est EVIEWS3.1.

Le chapitre suivant présente les résultats que nous avons obtenu à partir des données collectées dans la province du Yatenga.

CHAPITRE III : RESULTATS DE L'ANALYSE DES DETERMINANTS DE L'ADOPTION DES TECHNIQUES DE CES

La démarche économétrique idéale consiste après le choix des variables du modèle à procéder à l'estimation des paramètres respectifs de ces variables. Ensuite, le modèle spécifié est testé dans son ensemble pour estimer la qualité de l'ajustement. Puis les coefficients obtenus de la régression sont testés individuellement sur le plan statistique. Enfin, une analyse de l'effet des variables explicatives sur la variable expliquée permet de pouvoir tirer des conclusions. Tout au long de ce chapitre divisé en trois sections, nous nous efforcerons de respecter cette démarche.

La première section concerne les préalables méthodologiques sur la construction des tests. Cette section facilitera la compréhension des différents tests effectués sur le modèle d'adoption du zaï, des cordons pierreux, du « zaï et des cordons pierreux » respectivement traités en première, seconde et troisième position dans la section II.

L'objectif principal recherché dans ce chapitre est d'identifier et analyser les facteurs qui déterminent l'adoption des techniques de CES.

SECTION I : VALIDITE ECONOMETRIQUE DES MODELES

3.1.1. Préalables pour l'utilisation des tests

3.1.1.1. Le test du rapport des maxima de vraisemblance

La statistique du rapport de vraisemblance (RV) suit asymptotiquement sous l'hypothèse nulle la loi du χ^2 . L'évaluation de la qualité de l'ajustement se fait en comparant le modèle retenu correspondant à la vraisemblance avec le modèle le plus général que l'on puisse écrire :

$P_{kj} = \gamma_{kj}$ où les γ_{kj} ; $k = 1, \dots, K$ et $j = 1, \dots, J$, sont des paramètres indépendants (γ_{0j} se déduisant des

autres en utilisant $\sum_{k=0}^k \gamma_{kj} = 1$). C'est le modèle initial qui sera pris en compte dans la construction de l'hypothèse nulle H_0 . Le rapport de vraisemblance (RV) est donc le même indicateur que celui du Fisher dans le cas de l'estimation par la méthode des moindres carrés ordinaires. Soient donc H_0 l'hypothèse nulle selon laquelle tous les paramètres, exceptée la constante, sont linéairement égaux et nuls ($\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_i = 0$) et H_1 l'hypothèse selon laquelle au moins un de ces paramètres est non nul. H_0 est rejetée si RV est significatif à tous seuils raisonnables, dans le cas contraire nous rejetons H_1 également à ces seuils.

3.1.1.2. Les tests des paramètres individuels

Cet ensemble de tests permet d'apprécier la fiabilité (confiance accordée) des estimateurs. Il existe deux approches généralement utilisées : la construction d'intervalle de confiance autour de chaque estimateur ou le test de validité. Nous utiliserons cette dernière approche à cause de sa relative simplicité surtout si le t de student ou la probabilité critique sont donnés. L'alternative que nous utiliserons est la conclusion du test par la comparaison de la probabilité critique (p) au seuil de signification α . Soit β' l'estimateur dont on veut tester la validité. Soient H'_0 l'hypothèse nulle selon laquelle $\beta' = 0$ et H'_1 l'hypothèse non nulle selon laquelle $\beta' \neq 0$. Nous rejetons H'_0 au seuil de α si $p < \alpha/2$.

3.1.2. Validité économétrique de l'estimation de l'adoption du zaï

L'appréciation de la validité économétrique de l'estimation se fait à travers l'adéquation d'ensemble du modèle et la signification statistique des coefficients individuels.

3.1.2.1. Adéquation d'ensemble du modèle

Deux indicateurs sont généralement utilisés pour l'appréciation de la qualité globale de l'ajustement : le coefficient de détermination (R^2) et la statistique de Fisher (F) dans le cas des estimations par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO).

Dans notre cas ces deux indicateurs sont le rapport de vraisemblance (RV) et la capacité de prédiction (estimation par la méthode du maximum de vraisemblance). Pour le modèle d'adoption du zaï, le RV est significatif au seuil de 1% (tableau VIII) ce qui présage une signification de la régression dans son ensemble et donc le rejet de H_0 à ce seuil. Cette signification de la régression dans son ensemble est confirmée par la qualité de prédiction (acceptable) qui est de 60,99%. Cette spécification est aussi robuste pour la bonne prédiction de l'adoption (61,33%) que pour la non-adoption qui est de 60,61% (annexe E₁).

3.1.2.2. Signification des coefficients individuels

Au seuil de 5%, H'_0 est rejetée en ce qui concerne le paramètre estimé associé au nombre de petits ruminants. Dans 95% des cas nous pouvons conclure que le nombre de petits ruminants influence l'adoption du zaï.

Le paramètre estimé associé à la formation en cordons pierreux est statistiquement significatif au seuil de 1%. Dans 99% des cas nous pouvons conclure que la formation en cordons pierreux est déterminante pour l'adoption du zaï.

Les autres coefficients ne sont pas significatifs au seuil de 10%.

3.1.3. Validité économétrique de l'estimation de l'adoption des cordons pierreux

3.1.3.1. Adéquation d'ensemble du modèle

Le test du RV permet de rejeter l'hypothèse H_0 à tous les seuils raisonnables. Le modèle tel que spécifié permet également des prédictions correctes dans 79,43% des cas. Ceci nous conduit donc à la conclusion selon laquelle la régression est globalement significative. Notons cependant que cette spécification est faible sur le plan de la bonne prédiction de la non adoption (53,49) par rapport à celle de l'adoption qui est de 90,82% (annexe E₂).

3.1.3.2. Signification statistique des coefficients individuels

Au seuil de 1%, nous pouvons rejeter H'_0 en ce qui concerne les coefficients associés à l'appartenance à une organisation paysanne et à la formation . Cela signifie que dans 99% des cas, il est statistiquement correct d'affirmer que ces variables prises individuellement ont une influence sur la probabilité d'adoption des cordons pierreux.

Nous rejetons l'hypothèse H'_0 au seuil de 5% pour les paramètres estimés associés aux variables nombre de petits ruminants et matériel aratoire. Il est statistiquement correct de conclure que ces variables prises individuellement ont une influence sur la probabilité d'adoption des cordons pierreux.

Au seuil de 10%, H'_0 est rejetée pour le paramètre estimé associé à la variable superficie. Dans 90% des cas les superficies exploitées ont une influence sur la probabilité d'adoption des cordons pierreux.

Les autres paramètres estimés ne sont pas significatifs au seuil de 10%.

3.1.4. Validité économétrique de l'estimation de l'adoption du zaï et des cordons pierreux

3.1.4.1. Qualité de l'ajustement

Le test du rapport de vraisemblance (RV) permet de rejeter H_0 à tous seuils raisonnables. Le pouvoir de prédiction du modèle ainsi spécifié est également satisfaisant (70,92%) ce qui nous permet de dire que la régression est globalement significative (tableau VIII). La qualité de l'ajustement est aussi robuste tant sur la prédiction de l'adoption (65%) que de la non adoption qui est de 75,31% (annexe E₃).

3.1.4.2. Signification statistique des coefficients individuels

Au seuil de 10%, H'_0 est rejetée pour les paramètres estimés associés aux variables nombre de bovins et perception . Statistiquement il est donc correct de dire que ces variables sont déterminantes pour l'adoption du « zaï et des cordons pierreux » dans 90% des cas.

Dans 99% des cas, la formation , prise individuellement peut être considérée comme ayant une influence sur la probabilité d'adoption des « cordons pierreux et du zaï » car le test effectué sur ce paramètre permet de rejeter H'_0 au seuil de 1%.

Les autres paramètres exceptée la constante ne sont pas statistiquement significatifs au seuil de 10%.

Tableau VIII : résultats de l'estimation des modèles d'adoption

	Adoption du zaï	Adoption des cordons pierreux	Adoption du zaï et des cordons pierreux
Constante	-0,190 (0,609)	-1,155 (0,713)	-1,112* (0,640)
Actifs féminins	0,009 (0,066)	0,263 (0,225)	-0,250 (0,235)
Actifs masculins	-0,192 (0,135)	-0,153 (0,181)	-0,034 (0,168)
Age	0,006 (0,008)	-0,003 (0,010)	-0,005 (0,008)
Formation	-0,875*** (0,242)	1,223*** (0,290)	0,857*** (0,247)
Matériel aratoire	-0,031 (0,065)	0,189** (0,096)	0,045 (0,070)
Matériel de transport	0,006 (0,021)	0,001 (0,026)	0,008 (0,022)
Membre d'une organisation	0,058 (0,306)	0,895*** (0,214)	0,251 (0,171)
Niveau d'éducation	0,079 (0,069)	0,040 (0,080)	0,001 (0,072)
Nombre de bovins			0,093* (0,050)
Nombre de petits ruminants	0,023** (0,009)	-0,024** (0,011)	
Perception	0,428 (0,315)	-0,258 (0,289)	0,422* (0,248)
Superficies	-0,090 (0,085)	0,191* (0,113)	0,039 (0,088)
Log vraisemblance	-85,01	-58,69	-78,05
Ratio de vraisemblance	24,86***	56,03***	36,21***
Prédiction (%)	60,99	79,43	70,92

Source : construction de l'auteur à partir des données d'enquêtes

*significatif au seuil de 10%

**significatif au seuil de 5%

***significatif au seuil de 1%

(.) représentent les écarts types

SECTION II : ANALYSE DES COEFFICIENTS INDIVIDUELS

3.2.1. Actifs

D'après les résultats du tableau VIII le nombre d'actifs des deux sexes n'est pas déterminant pour l'adoption des trois techniques de CES. D'une façon générale le nombre total d'actifs n'est également pas déterminant pour l'adoption des techniques de CES (tableau IX). La main-d'œuvre ne semblerait pas être une contrainte pour l'adoption de ces trois techniques de CES. En moyenne nous avons 7 actifs par ménage (annexe F) ce qui pourrait expliquer le fait que le nombre d'actif ne soit pas déterminant pour l'adoption de ces techniques.

Les femmes ont tendance à favoriser l'adoption du zaï et des cordons pierreux. Alors que les ménages sont plus disposés à adopter les techniques lorsque leur main-d'œuvre masculine diminue. D'une façon générale la main-d'œuvre a tendance à influencer positivement l'adoption des cordons pierreux. Le zaï requiert peu de main-d'œuvre par rapport aux cordons pierreux. Mais la pratique du zaï est annuelle alors qu'une fois la mise en place des cordons pierreux terminée, le ménage peut les utiliser sur plus de 15 ans suscitant ainsi l'intérêt des ménages ayant un grand nombre d'actifs.

3.2.2. Age

Une des composantes de la théorie du capital humain est l'âge. Selon cette théorie, les jeunes chefs de ménage ont une plus grande chance d'être instruits et donc sont mieux disposés à l'adoption des innovations technologiques. En pratique (à travers les résultats du tableau IX), nous remarquons que cette théorie n'est pas vérifiée au niveau du zaï, contredisant ainsi notre hypothèse de travail. Ce résultat signifie que les chefs de ménages les plus âgés sont les plus disposés à l'adoption du zaï. En nous fondant sur l'histoire du zaï, nous pouvons dire que les chefs de ménages les plus âgés sont plus disposés à adopter des techniques nouvelles s'appuyant sur leurs anciennes pratiques.

D'une façon générale l'âge n'est pas un déterminant de l'adoption des techniques de CES. Ce résultat s'expliquerait par le fait que la lutte contre la dégradation des sols au Yatenga n'est pas une question d'âge mais plus une question de survie qui est également fonction de l'expérience accumulée.

3.2.3. Formation

La formation sur une ou plusieurs techniques peut être considérée comme faisant partie de l'expérience du chef de ménage en matière d'innovation technologique. Cette variable est déterminante pour l'adoption des techniques de CES. Ce résultat s'expliquerait en ce qui concerne les cordons pierreux et le « zaï et les cordons pierreux » par le minimum de connaissance requis pour la mise en place de ces ouvrages notamment la détermination des courbes de niveau. De même, la formation en elle-même peut susciter une application pratique de la part du paysan en guise de test, ce qui peut conduire à terme à l'adoption de la technique. Notons toutefois que cette formation formelle (faite par les projets, les ONG ou les services de l'agriculture) ou informelle (faite par certains paysans innovateurs) est généralement gratuite, ce qui pourrait avoir comme effet de rendre les connaissances sur les techniques plus accessibles.

Nous pouvons dire en ce qui concerne le zaï que le résultat semble logique. Cependant, il contredit notre hypothèse selon laquelle la formation en tant qu'expérience du paysan favorise l'adoption des techniques de CES. Ce résultat signifie dans ce cas que l'adoption du zaï ne requiert pas une certaine expérience en matière de technique de CES ou que la mise en place du zaï ne requiert pas beaucoup de connaissances techniques. Il existe également très peu de groupement ou d'association faisant la promotion du zaï.

Ces résultats peuvent également traduire au-delà de l'intérêt de la formation, l'espoir de bénéficier des avantages « d'accompagnement » que de nombreux projets accordent aux bénéficiaires des formations.

3.2.4. Matériel agricole

D'une façon générale, le matériel agricole (aratoire et de transport) n'est pas déterminant pour l'adoption des techniques de CES (tableau IX). Cependant, nous notons une relation positive entre l'adoption des techniques de CES et la valeur du matériel agricole. Ces résultats confirment notre hypothèse qui sous-tend que l'amélioration du niveau d'équipement favorise l'adoption des techniques de CES et confirment les résultats trouvés par Kazianga et Masters (2001) sur ces trois techniques. Au vu de ces résultats, il semblerait que l'adoption de ces techniques ne requiert pas un important matériel. La matière première pour les cordons pierreux (les moellons) est difficilement accessible par les paysans soit par manque de cailloux à proximité des champs soit par absence de moyen de transport. Si le matériel de transport n'est pas déterminant pour l'adoption des techniques, comment les paysans s'approvisionnent-ils en cailloux compte tenu du niveau de pauvreté (peu de matériel de transport) ? Au Yatenga, les

projets et les ONG subventionnent souvent les groupements ou les associations pour le transport des cailloux ce qui contribue à expliquer nos résultats.

Le matériel aratoire est déterminant pour l'adoption des cordons pierreux. Par rapport aux deux autres techniques, les cordons pierreux permettent de traiter de grandes superficies. De plus la possibilité de traiter de grandes superficies à l'aide des cordons pierreux suppose une certaine richesse du paysan et donc la possibilité de travailler le sol ainsi traité avec le matériel aratoire. Les sols où le zaï est appliquée sont généralement plus dégradés que ceux où est appliquée la technique des cordons pierreux, ce qui ne facilite pas le travail du sol pour le cas du zaï. De même, les trous de zaï sont généralement effectués en quinconce, ce qui ne permet pas le passage du matériel aratoire expliquant son influence négative sur l'adoption de cette technique.

3.2.5. Appartenance à une organisation paysanne

L'appartenance à une organisation paysanne (groupement ou association) a un impact positif sur la probabilité d'adoption des trois types de technique. L'appartenance à une organisation paysanne est déterminante pour l'adoption des cordons pierreux et du « zaï et des cordons pierreux ». Dans une organisation paysanne, le paysan a la possibilité d'observer le travail fait par ses voisins ou par les membres de sa famille, ce qui constitue un tremplin pour les tests et l'amélioration des connaissances sur ces techniques. De plus, la force de travail pouvant manquer à certains d'entre eux (les membres de l'organisation), ce handicap est vite comblé par le système d'entraide couramment pratiquée en société mossi. Cependant, le paysan peut juste adopter la technique parce que les autres membres en font de même (effet de groupe). Dans tous les cas cela est déterminant pour l'adoption des cordons pierreux. Nous pouvons donc dire tout comme Goldstem et Udry (1999) que le mode d'apprentissage social des techniques par les paysans est important pour leur adoption. Les facilités d'accès au crédit et au matériel sont également des facteurs qui pourraient expliquer pourquoi cette variable est déterminante pour l'adoption des deux techniques et non celle du zaï. Enfin, la mise en place du zaï peut se faire de façon individuelle (sans travaux communautaires) chaque année. Il existe cependant une relation positive entre l'appartenance à une organisation paysanne et l'adoption du zaï.

3.2.6. Cheptel⁹

3.2.6.1. Bovins

Les bovins constituent l'une des composantes de la richesse d'un ménage d'après les paysans du Yatenga. La vente des bovins ne s'effectue généralement que pour l'acquisition de l'argent en espèces nécessaires à l'organisation des mariages (généralement des fils du chef de ménage) ou des baptêmes et rarement pour le pèlerinage à la Mecque. Tous ces détails nous conduisent donc au-delà du capital social, à résumer le rôle du bovin à la traction (si l'animal a été dressé) et à la fourniture de matière organique. En observant les résultats du tableau IX nous constatons que son influence sur la probabilité d'adoption du « zaï et des cordons pierreux » est positive (conforme à notre hypothèse). La matière organique, élément fondamental pour l'amélioration de l'efficacité du zaï expliquerait alors l'importance du nombre de bovins pour l'adoption du « zaï et des cordons pierreux ». Ce raisonnement a été fait en supposant que le paysan adopte d'abord l'une des deux techniques avant d'adopter par la suite la seconde technique. L'hypothèse selon laquelle il adopte les deux techniques en même temps, (rare en pratique) ne contredit cependant pas ce raisonnement.

En considérant le nombre de bovins comme un indicateur de richesse, nous pouvons dire que leur possession suppose une certaine capacité d'investissement. Après avoir fini d'investir dans les projets les plus rentables, les paysans les plus riches ont toujours la capacité d'investir dans d'autres projets moins rentables. C'est ce qui expliquerait que le nombre de bovins en tant qu'indicateur de richesse soit déterminant sur la possibilité d'investir simultanément en zaï et en cordons pierreux sur la parcelle. Ce résultat signifierait que le « zaï et les cordons pierreux » est utilisée par les paysans ayant une grande capacité d'investissement, c'est-à-dire les paysans riches.

⁹ Les variables nombre de bovins et nombre de petits ruminants n'ont pas été considérées simultanément dans la même équation parce qu'elles pourraient avoir un effet de masque l'une sur l'autre, c'est-à-dire représenter le même phénomène. Le coefficient de corrélation de 0,56 nous a conduit à n'utiliser que l'une des deux dans chaque équation (annexe G).

Tableau IX : résultats de l'estimation des modèles alternatifs¹⁰

Variables	Adoption du zaï	Adoption des cordons pierreux	Adoption du zaï et des cordons pierreux
Constante	-0,165 (0,573)	-0,985 (0,646)	-1,577* (0,623)
Actifs	-0,005 (0,038)	0,042 (0,046)	-0,055 (0,040)
Age	-0,004 (0,008)	-0,003 (0,009)	-0,004 (0,008)
Formation	-0,861*** (0,236)	1,131*** (0,275)	0,860*** (0,244)
Membre organisation	0,059 (0,303)	0,846*** (0,206)	0,342 (0,179)
Matériel total	0,000 (0,019)	0,027 (0,022)	0,014 (0,020)
Bovins			0,107** (0,052)
Niveau d'éducation	0,054 (0,066)	0,032 (0,077)	0,006 (0,069)
Petits ruminants	0,023** (0,011)	-0,022** (0,011)	
Perception	0,404 (0,308)	-0,169 (0,286)	0,431* (0,252)
Superficies	-0,030 (0,076)	0,133* (0,095)	0,120 (0,085)
Log-vraisemblance	-86,59	-61,05	-78,131
Ratio de vraisemblance	21,70***	51,32***	36,06***
Prédiction (%)	61,70	79,43	72,3

Source : construction de l'auteur à partir des données d'enquête

*significatif au seuil de 10%

**significatif au seuil de 5%

***significatif au seuil de 1%

(.) représentent les écarts types

3.2.6.2. Petits ruminants

Le nombre de petits ruminants est déterminant pour l'adoption du zaï. Pour améliorer l'effet du zaï, les paysans utilisent en général la matière organique. Compte tenu du niveau de pauvreté des paysans beaucoup n'ont que la matière organique obtenue grâce aux petits ruminants. Il existe une relation négative entre adoption des cordons pierreux et le nombre de petits ruminants. Cela signifie que ceux qui possèdent des petits ruminants préfèrent adopter d'autres techniques. En considérant les petits ruminants comme un indicateur de richesse, ce résultat signifierait que, contrairement au zaï, les cordons pierreux ne sont pas adoptés par les paysans à revenus modestes.

¹⁰ Le titre donnée au tableau suivant peut, de prime à bord, ne pas satisfaire les attentes du lecteur. C'est pourquoi nous tenons à souligner que son intérêt est de savoir comment auraient évolué globalement les premiers modèles si certaines variables étaient regroupées en une variable. Il s'agit des variables matériel aratoire et matériel de transport qui seront regroupées en matériel total et les actifs des deux sexes regroupés en actifs total.

La promotion du zaï pourrait se faire indirectement en accordant des micro-crédits aux femmes pour l'embouche des petits ruminants permettant ainsi au ménage de disposer de matière organique pour la confection du zaï.

3.2.7. Niveau d'éducation

Une autre composante de la théorie du capital humain est le niveau d'éducation. Certains auteurs choisissent de mesurer cette variable par le nombre d'années passées dans un établissement d'enseignement (Mcbride *et al.* 2001) ; d'autres comme Featherstone *et al.* (1997) l'utilisent en tant que variable qualitative. Dans tous les cas, cette variable est supposée améliorer la probabilité d'adoption des techniques de CES. Cette hypothèse est vérifiée pour toutes les trois techniques, car il existe une relation positive entre l'adoption de ces techniques et le niveau d'éducation. Cette variable n'est cependant pas déterminante pour l'adoption de ces techniques. Ce résultat s'expliquerait d'abord par le très faible niveau de scolarisation ou d'alphabétisation qui est de 0,85 an en moyenne au Yatenga (annexe F). Ensuite, Mcbride et Daberkow (2001) ont montré que le niveau d'éducation est déterminant pour l'adoption de techniques agricoles de précision (agriculture avec contrôle de la fertilité des sols, du micro-climat, des attaques parasitaires,...). Les techniques que nous avons étudiées ne requièrent pas une telle maîtrise, c'est ce qui pourrait expliquer que le niveau d'éducation ne soit pas déterminant pour l'adoption de ces techniques.

3.2.8. Perception

L'érosion du sol est un phénomène insidieux et lent. Seulement, les paysans ont besoin de percevoir l'acuité de l'érosion et son impact négatif sur les rendements. La perception de l'érosion du sol et de son impact négatif sur les rendements permet, théoriquement, d'accroître la probabilité d'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols. En pratique, les résultats des tableaux VIII et IX confirment cette hypothèse et les résultats obtenus par Shiferaw et Holden (1998) à Andit Tid en Ethiopie. Cela signifie que l'adoption de ces techniques est positivement influencée par la perception. Ces techniques sont généralement appliquées sur des sols où l'érosion est perceptible soit parce que ces sols sont fortement dégradés par l'érosion ou qu'ils sont sur un versant où le contrôle du ruissellement s'impose.

La perception est déterminante pour l'adoption du « zaï et des cordons pierreux » mais pas pour les deux autres techniques. Lorsque les effets de l'érosion des sols deviennent perceptibles, le paysan entreprend de les arrêter soit avec les cordons pierreux soit avec le zaï. Suivant la sévérité de la dégradation, le paysan après avoir adopté l'une des deux techniques la combine

avec l'autre pour maintenir ou accroître les capacités productives du sol. Pour les cordons pierreux, le désir d'obtenir des résultats immédiats conformément aux objectifs du paysan fait que d'autres techniques comme le zaï sont préférées pour traiter les sols sévèrement érodés. Dans tous les cas nous pouvons conclure tout comme Swinton et Gebremedhin (2001) que la perception de la sévérité de l'érosion et la nécessité de la traiter est une condition nécessaire mais non suffisante pour un investissement en technique de CES de la part du paysan.

3.2.9. Superficies exploitées

La technique du zaï requiert une certaine main-d'œuvre suivant la taille de la parcelle. De plus, cette technique est appliquée annuellement contrairement aux cordons pierreux qui, une fois mis en place à une durée de vie de plus de 15 ans. C'est ce qui expliquerait entre autres l'influence négative des superficies pour l'adoption du zaï contrairement à celle des cordons pierreux. Lorsque la terre accumulée entre deux rangées successives de cordons pierreux devient importante, les paysans déplacent ces rangées de sorte à pouvoir traiter plus de surfaces. Pour traiter autrement plus de surface, le paysan est alors obligé d'augmenter le nombre de rangées de cordons pierreux dans la parcelle. C'est pourquoi la taille de l'exploitation est positivement liée à l'adoption des cordons pierreux.

Lorsque le zaï et les cordons pierreux sont combinées, l'espacement entre les cordons pierreux est toujours réalisable. Mais compte tenu des exigences annuelles en main-d'œuvre pour le zaï, cet espacement ne peut être accompagné de nouveaux trous. Les paysans préfèrent réaliser le zaï sur une portion de la parcelle et l'année suivante ils creusent seulement sur la portion n'ayant pas été traitée. C'est pourquoi la superficie totale exploitée n'est déterminante que pour l'adoption des cordons pierreux.

Le zaï, considérée comme une technique de récupération des terres dégradées peut être perçue comme une technique ayant un caractère extensif car pour accroître ses superficies, le chef de ménage doit récupérer les terres disponibles qui sont hélas dégradées. Nos résultats montrent que le zaï en plus d'être une technique de récupération des terres fortement dégradées a un caractère intensif puisqu'elle n'est pas adoptée lorsque le paysan n'a pas de contrainte sur la superficie exploitée (c'est-à-dire lorsqu'il a la possibilité d'augmenter ses superficies). Le calcul de risque du paysan lui dicte de diluer son potentiel (amendement, main-d'œuvre, outils) sur l'ensemble des terres. Compte tenu des exigences du zaï en amendements organiques et en main d'œuvre, le paysan ne prend pas le risque (ou peut être parce qu'il n'a pas les capacités) de mettre en place le zaï sur de grandes parcelles contrairement aux cordons pierreux.

L'analyse probit a révélé que la formation en cordons pierreux et le cheptel (petits ruminants ou bovins) sont déterminantes pour l'adoption des techniques de CES. L'appartenance à un groupement, le matériel aratoire et les superficies exploitées sont surtout déterminante pour l'adoption des cordons pierreux. L'investissement simultané en cordons pierreux et en zaï est influencé par la perception du phénomène de la dégradation des sols.

Une chose est d'adopter les techniques de CES une autre est qu'elles soient efficaces. Quels sont les facteurs qui déterminent l'efficacité des techniques une fois qu'elles sont adoptées ? En considérant un échantillon de producteurs ayant adopté les cordons pierreux nous tenterons de répondre à cette question dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA FONCTION DE PRODUCTION , DE LA RENTABILITE ET DES TAUX D'ADOPTION

L'objectif de ce chapitre est d'abord de faire ressortir à travers une analyse quantitative les déterminants de la production en présence de techniques de CES. Une fois les déterminants de l'efficacité des techniques étudiés, il sera question de juger la rentabilité. Enfin, nous estimerons les taux d'adoption des différentes techniques.

SECTION I : ANALYSE DE LA FONCTION DE PRODUCTION

En terme quantitatif, la production est définie comme la quantité de biens et/ou de services produits au cours d'une période donnée et est fonction des facteurs de production que sont la terre, le travail et le capital en ce qui concerne la production agricole.

Deux types de fonction de production seront estimées : la première avec comme variable dépendante la production et la seconde avec le rendement comme variable dépendante. Ces estimations ont pour objectif l'analyse des déterminants de l'efficacité des cordons pierreux.

Les modèles théoriques à estimer peuvent s'écrire de la façon suivante¹¹ :

$$\log\text{prod} = A + \alpha_1\log\text{superficie} + \alpha_2\log\text{engrais} + \alpha_3\log\text{agec} + \alpha_4\log\text{formation} + \alpha_5\log\text{fumure} \quad (\text{modèle 1})$$

$$\log\text{rend} = A + \alpha_1\log\text{superficie} + \alpha_2\log\text{engrais} + \alpha_3\log\text{agec} + \alpha_4\log\text{formation} + \alpha_5\log\text{fumure} \quad (\text{modèle 2})$$

4.1.1. Validité économétrique du modèle 1¹²

Contrairement à la méthode d'estimation par le MV (mais équivalente sur l'objectif), la méthode d'estimation par les MCO utilise le coefficient de détermination (R^2), le R^2 ajusté et la statistique de Fisher pour mesurer l'adéquation d'ensemble du point de vue de la forme fonctionnelle.

¹¹ Où A représente la constante, prod la production et rend le rendement.

¹² Le modèle 1 correspond à la fonction de production avec comme variable dépendante la production. Le modèle 2 celui qui prend en compte les rendements

4.1.1.1 Adéquation d'ensemble du modèle

Dans notre cas $R^2 = 0,697$ ce qui indique que les variables explicatives considérées dans ce modèle contribuent conjointement à expliquer 69,7% de la variation de la production du sorgho au sein des ménages ayant adopté les cordons pierreux. Notons également que le R^2 ajusté est de 0,677 ce qui confirme la qualité de la spécification. Même si selon Johnson (1989), corrélation ne signifie pas forcément causalité, dans les limites de notre spécification et des différents tests, nous pouvons dire que 69,7% de la production est ainsi expliquée par cette spécification dont la forme estimée peut s'écrire de la façon suivante :

$$\log\text{prod} = 1,625 + 0,116*\log\text{fumo} + 0,668*\log\text{super} + 0,056\log\text{engrai} + 0,408*\log\text{formation} + 0,011*\log\text{agecp}$$

La statistique de Fisher, permet de tester l'hypothèse nulle qui dit que tous les coefficients du modèle exceptée la constante sont égaux à zéro contre l'hypothèse alternative selon laquelle au moins un des coefficients du modèle est différent de zéro. Le test sur la statistique de Fisher permet de rejeter l'hypothèse nulle à tous les niveaux raisonnables. La statistique de Fisher calculée (34,1) est supérieure au Fisher lu sur la table (3,51) au seuil de 1%. Le modèle ainsi spécifié est globalement significatif.

Sur la base de ces différents indicateurs nous concluons que le modèle ainsi spécifié est adéquat sur la forme fonctionnelle et globalement significatif sur le plan économétrique.

4.1.1.2. Signification statistique des coefficients individuels

Le paramètre estimé associé à la variable engrais minéraux est significatif au seuil de 10%. A ce seuil donc nous pouvons rejeter l'hypothèse H'_0 selon laquelle ce paramètre pris individuellement est nul. Ceci signifie que la production du sorgho blanc est influencée par cette variable prise individuellement dans 90% des cas.

Au seuil de 5%, nous rejetons l'hypothèse H'_0 pour le paramètre estimé associé à la fumure organique. Il est statistiquement correct de conclure que dans 95% des cas, la fumure organique influence la production du sorgho blanc.

Les paramètres estimés associés aux variables formation et superficie sont significatifs au seuil de 1%. Ces variables prises individuellement contribuent dans 99% des cas à expliquer la production du sorgho.

Les autres coefficients ne sont pas significatifs au seuil de 10%.

Tableau X : résultats de l'estimation de la fonction de production 1¹³

Variables	coefficients	t de student
C	1,625***	7,940
Fumure organique (en log)	0,116**	2,400
Superficie (en log)	0,668***	7,539
Engrais minéraux (en log)	0,056*	1,984
Age des cordons pierreux (en log)	0,011	0,162
Formation (en log)	0,408***	3,869
F	34,1***	
R ²	0,697	
R ² ajusté	0,677	
Nombre d'observations	80	

Source : Calcul de l'auteur à partir des données de l'enquête

***significatif au seuil de 1%

** significatif au seuil de 5%

*significatif au seuil de 10%

4.1.2. Validité économétrique du modèle 2

4.1.2.1. Adéquation d'ensemble

Les variables explicatives de ce modèle expliquent conjointement 30% de la variation du rendement (tableau XI). La statistique de Fisher est significative au seuil de 1%. Le modèle ainsi spécifié est globalement significatif et adéquat sur la forme fonctionnelle. Notons toute fois que le R² ajusté étant de 0,23 signifie que l'ajout de variables explicatives ou l'accroissement du nombre d'observations peut améliorer la qualité de l'ajustement.

La forme estimée du modèle peut s'écrire de la façon suivante :

$$\logrend = 1,725 - 0,367*\logsuperficie + 0,035*\logengrais + 0,003*\logagecp + 0,25*\logformation + 0,174*\logfumure$$

4.1.2.2. Signification statistique des coefficients individuels

Les paramètres estimés, associés aux variables fumure organique et superficie sont significatifs au seuil de 1%. Dans 99% des cas il est statistiquement correct d'affirmer que ces variables prises individuellement influencent le rendement (tableau XI).

Au seuil de 10%, H₀ est rejetée pour le paramètre estimé associé à la variable formation. Ce qui signifie que la formation influence le rendement dans 90% des cas.

Les autres paramètres ne sont pas significatifs au seuil de 10%.

¹³ La variable dépendante dans ce cas est la production en kg

4.1.3. Analyse des coefficients individuels

4.1.3.1 La superficie

En rappel cette variable représente globalement la terre comme facteur de production (ensemble du couvert végétal y compris les éléments minéraux de ce sol ayant des potentialités productives). La superficie influe positivement sur la production du sorgho blanc. Une augmentation de la superficie de 1% à partir de la moyenne, entraîne un accroissement de la production du sorgho de 0,668% à partir de la moyenne, toutes choses égales par ailleurs. Compte tenu de la pauvreté des sols du Yatenga, des gains de production à court terme sont réalisés au détriment des ressources naturelles notamment la ressource sol (agriculture minière). Si techniquement, l'augmentation de la superficie est efficace sur le plan économique elle, peut être inefficace. Gilligan (1998) dans une étude menée au Honduras a montré que la superficie de la parcelle cultivée influence négativement l'efficacité économique. En d'autres termes, une augmentation de la superficie cultivée, entraîne une diminution de l'efficacité économique. Les résultats du tableau XI montrent que l'accroissement des superficies traitées en cordons pierreux réduit les rendements, confirmant ainsi les résultats trouvés par Gilligan (1998) au Honduras.

Ces résultats suggèrent donc une recherche plus accrue de la production par le chef de ménage, en jouant plus sur l'efficacité économique de l'accroissement des superficies que sur l'efficacité technique. D'où la nécessité de promouvoir des techniques culturales réduisant la consommation de l'espace et à mesure de combler les besoins de subsistance des populations.

4.1.3.2. La fumure organique

Pour cette variable nous n'avons pas fait de distinction entre le compost et la fumure organique à l'état brut utilisés sur la parcelle cultivée. Même si agronomiquement la valeur nutritive de ces deux éléments est différente, nous les considérerons de façon équivalente pour les besoins de l'étude.

La relation théorique positive entre matière organique et production végétale est vérifiée à cause du signe positif du coefficient associé à cette variable. Un accroissement de la fumure organique de 1% à partir de la moyenne entraîne une hausse de la quantité de sorgho obtenue de 0,116% à partir de la moyenne, toutes choses égales par ailleurs. Jusqu'à preuve du contraire, la fumure organique est considérée comme un intrant écologique. Ses effets bénéfiques non quantifiés vont au-delà d'un cycle de production car les antécédents de cette fumure sont toujours positifs. Les avantages liés à l'utilisation de la matière organique peuvent être résumés par les points suivants :

- le bon développement de la structure et de la porosité du sol ce qui a comme conséquence l'amélioration de l'infiltration et partant, l'amélioration du profil hydrique du sol ;
- l'accroissement de la capacité de rétention ;
- la remontée du pH pour les sols acides ;
- une meilleure résistance du sol à l'érosion hydrique et éolienne.

C'est ce qui explique entre autre que la fumure organique soit un déterminant de l'efficacité des cordons pierreux. La promotion de l'utilisation des mesures de CES telle que les cordons pierreux doit donc s'accompagner de celle de la fumure organique qui est bénéfique aussi bien au privé qu'à la communauté toute entière.

4.1.3.3 La fumure minérale

Toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de la quantité d'engrais utilisée à partir de la moyenne de 1%, entraîne un accroissement de la quantité de sorgho de 0,056% à partir de la moyenne. Bien que la fumure minérale soit un déterminant de la production en présence des cordons pierreux, elle n'est pas déterminante pour leur efficacité en terme de productivité (tableau XI). Son interaction avec les cordons pierreux est faible par rapport à celle de la fumure organique.

La faiblesse de la relation positive qui lie les engrais minéraux et la production du sorgho peut s'expliquer par les points suivants :

- les sols du Yatenga sont pauvres (Cf. caractéristiques physiques du Yatenga) ;
- la pauvreté des paysans est telle qu'ils n'utilisent que de très faibles quantités d'engrais minéraux pour la production du sorgho (7,5 kg/ha) ; alors qu'en Asie et en Europe on a respectivement 142 et 196kg/ha (MA, 1999).

(Ces deux premiers points confirment un des grands principes de la fertilisation qui dit qu'il est indispensable de restituer les éléments fertilisants enlevés par les récoltes sinon le sol s'épuise.)

- les engrais doivent être apportés à des doses et à des périodes précises et le non respect de ces normes peut entraîner des effets néfastes sur la croissance et l'expression du potentiel des plantes.

Ce dernier point, justifie selon Ouédraogo (1999), les résultats négatifs de l'effet des engrais minéraux sur la production du sorgho observés dans le plateau central. Nous ajouterons que ces résultats à priori contradictoires pourraient aussi s'expliquer par les différences pluviométriques entre l'année 1998 et l'année 2001 (de loin la meilleure).

Tableau XI : résultats de l'estimation de la fonction de production 2¹⁴

Variables	Coefficients	T de student
Constante	1,725***	7,694
Fumure organique (en log)	0,174***	3,118
Superficie (en log)	-0,367***	-3,358
Engrais minéraux (en log)	0,035	0,957
Age des cordons pierreux (en log)	0,003	0,045
Formation (en log)	0,25*	1,965
R ²	0,30	
R ² ajusté	0,23	
F	3,4***	
Nombre d'observations	51 ¹⁵	

Source : calcul de l'auteur à partir des données de l'enquête

*significatif au seuil de 10%

***significatif au seuil de 1%

4.1.3.4 Age des cordons pierreux

L'âge des cordons pierreux influence positivement la production du sorgho blanc. Plus les cordons pierreux sont « âgés » plus la production du sorgho augmente. En d'autres termes, l'efficacité des cordons pierreux s'améliore progressivement après le premier hivernage. Les résidus organiques provoquent une intervention des termites dont les galeries font réapparaître une macroporosité favorable à l'infiltration. Ces dépôts favorisent la mise en place d'une strate herbacée qui concourent à améliorer la productivité des sols. C'est cet aspect qui marque à long terme la différence entre la pratique anti-érosive et celle avec les cordons pierreux. L'âge des cordons pierreux n'est cependant ni un déterminant de la production ni un déterminant de l'efficacité des cordons pierreux.

4.1.3.5 La formation

La formation reçue sur les cordons pierreux influence positivement la production du sorgho. Ce résultat confirme celui obtenu sur l'effet de l'âge des cordons pierreux. La formation est un déterminant de l'efficacité des cordons pierreux parce qu'elle contribue à améliorer leurs effets.

Mal construits, les cordons pierreux ne contribuent pas à réduire l'érosion hydrique de façon significative. La formation permet donc au paysan de mieux déterminer les courbes de niveaux et de mieux entretenir les ouvrages. C'est ce qui expliquerait que la formation soit un déterminant de l'efficacité des cordons pierreux.

¹⁴ la variable dépendante dans ce modèle est le rendement (kg/ha)

¹⁵ le nombre d'observations est réduit pour cette estimation à cause du rapport kg/ha pris en logarithme (un rapport de moins de 1 donnant un résultat nul).

SECTION II : EVALUATION DE LA RENTABILITE DES TECHNIQUES DE CES

4.2.1. Evaluation de la rentabilité du zaï

Les résultats du tableau XII montrent que la valeur actualisée des revenus additionnels nets (VARAN) pour la première année est négative. On pourrait donc penser à priori que l'investissement en zaï est non rentable. Les trois producteurs ayant constitué notre échantillon ont enregistré au cours de cette année de mauvaises récoltes. Au cours de cette campagne une pluviosité de plus de 900 mm a été enregistrée ce qui représente la plus forte pluviosité depuis 1959 dans le Nord-Ouest du Burkina Faso. Lorsque la quantité d'eau tombée est importante, le zaï a des effets néfastes par rapport aux parcelles où le zaï n'est pas pratiquée. Roose (1989) souligne à ce propos qu'en année d'abondante pluviosité on assiste à une asphyxie des cultures par manque de drainage. L'investissement en zaï au cours de cette campagne n'a pas pu être couvert par la valeur des productions obtenues, ce qui se traduit par le signe négatif de la VARAN.

Pour les trois autres années, la VARAN est positive ce qui supposerait que pour ces années l'investissement en zaï a permis d'obtenir des bénéfices. Ces résultats confirment notre hypothèse selon laquelle les techniques de CES sont rentables. Le taux d'actualisation de 7% est selon Kaboré et Lowenberg (1994) le taux utilisé par les bailleurs de fonds. Si nous supposons que les producteurs ont accès à ces fonds, et si les bénéfices non quantifiés équilibrent les coûts non évalués, nous pouvons dire que le zaï serait rentable. Cette technique demeurerait rentable même avec un taux d'actualisation de 10%.

Tableau n° XII : résultats de l'évaluation de la rentabilité des mesures de CES

Nombre d'années	ZAI		CORDONS PIERREUX	
	VARAN avec $r=7\%$	VARAN avec $r=10\%$	VARAN avec $r=7\%$	VARAN avec $r=10\%$
1	-23774	-24128,56	-46258,98	-46680,32
2	25882,91	20863,50	9709,97	-12099
3	37353,31	28472,90	14647,08	10317,84
4	33107,12	20830,98	41398,36	34295,7

Source : construction de l'auteur à partir des données de l'enquête

4.2.2. Evaluation de la rentabilité des cordons pierreux

Tout comme pour le zaï, la valeur actualisée des revenus additionnels nets (VARAN) pour les cordons pierreux est négative pour la première année. En plus des causes climatiques que nous avons apporté pour l'explication des résultats pour le zaï, nous pouvons ajouter la valeur initiale de l'investissement élevée pour les cordons pierreux. En effet, les résultats de la première année ne permettent pas de couvrir l'investissement initial de 62000 F.CFA/ha. Cela est aggravée si en plus du coût initial élevé, le producteur enregistre de mauvaises récoltes. L'investissement initial de 62000FCFA/ha est différent de celui trouvé par De Graaf et Stroosnijder (1994) qui est de 68000 FCFA/ha. Cette différence s'explique par la non prise en compte du transport dans notre évaluation (annexe H).

A la différence du zaï où l'investissement est renouvelé chaque année, l'investissement en cordons pierreux se fait une fois tous les 15 ans environs. C'est pourquoi nous avons cumulé les bénéfices pour les cordons pierreux.

Au taux d'actualisation de 10% nous remarquons que le producteur ne réalise toujours pas de bénéfice même après la deuxième année de production. D'après ces résultats les cordons pierreux ne seraient pas rentables à court terme. Après les deux premières années d'exploitation, l'investissement en cordons pierreux procure des bénéfices au producteur. Ce résultat confirme notre hypothèse selon laquelle les cordons pierreux sont rentables. Mais à la différence du zaï, le capital investi en cordons pierreux n'est amorti qu'à long terme.

D'une façon générale, avec un taux d'actualisation de 10% la VARAN est positive pour les cordons pierreux au bout de 3 années. En supposant que les bénéfices non quantifiés s'équilibrent avec les coûts non évalués, nous pouvons dire que les cordons pierreux seraient rentables. Il faut cependant noter que nous n'avons pas tenu compte du coût du transport qui est totalement ou partiellement pris en charge par les projets qui interviennent en matière de cordons pierreux.

Très peu de producteurs étaient à mesure de nous fournir des données fiables pour l'évaluation de la rentabilité des techniques de CES. C'est ce qui explique le nombre réduit de nos observations (3 producteurs pour chaque type de technique). De même, très peu de paysans adoptent le zaï et les cordons pierreux sur la même parcelle la même année, ce qui complique toute tentative d'évaluation de la rentabilité.

SECTION III : EVOLUTION DES TAUX D'ADOPTION

La diffusion des cordons pierreux ayant commencé bien avant 1994, nous avons considéré le taux d'adoption donné par Kazianga et Masters (2001) pour la région Nord dont la collecte des données s'est déroulée en 1993-1994.

Nous avons voulu voir à travers cette section s'il existe une relation entre la rentabilité de chaque type de technique au fil des années et les taux d'adoption de ces techniques. La dérivée de l'équation 3 devrait nous permettre d'évaluer la vitesse de diffusion de chaque technique. Les données disponibles ne concerne que les cordons pierreux ce qui ne permet pas une analyse comparative.

4.3.1. Validité économétrique de l'estimation

D'après les résultats du tableau XIII, la spécification permet d'expliquer 95% de la variation du taux d'adoption. La statistique de Fisher est significative qu'au seuil de 1%. Nous pouvons conclure à ce seuil que le modèle ainsi spécifié est significatif dans son ensemble.

Tableau n° XIII : résultats de l'estimation du taux d'adoption

Variabes	Coefficients	t de Student
b_0	0,016**	4,575
b_1	0,615***	15,173
Taux maximum atteint (K)	63	
R^2	0,95	
R^2 ajusté	0,93	
F	54,09***	

Source : construction de l'auteur à partir des données du groupement Naam de Mogombouli

**significatif au seuil de 5%

***significatif au seuil de 1%

La forme estimée peut s'écrire comme suit : $Y_t = 0,63 / (1 + e^{-0,016 - 0,615t})$ (3)

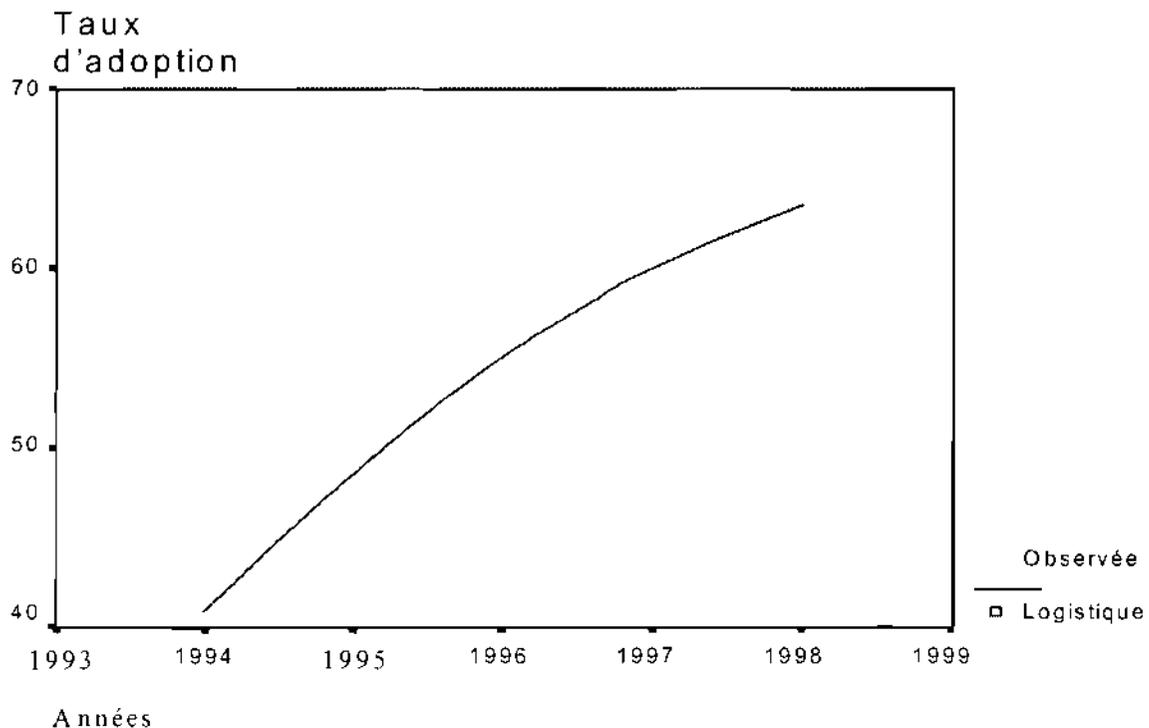
4.3.2. Analyse de la courbe

D'une façon générale la courbe observée et la courbe de la fonction logistique évoluent dans le même sens. De 1994 à 1998 on observe un accroissement des taux d'adoption de près de 20%. Nous remarquons un certain décalage entre les deux courbes de 1995 à 1997. Ce résultat s'expliquerait d'abord par l'aide en matière de transport que les membres du groupement ont reçue pendant cet intervalle de temps. Cette aide est arrivée à un moment où le nombre de

paysans adoptant les cordons pierreux au fil des années n'était pas très important. La location des camions pour le transport a permis donc de relever les taux. La pente de la courbe (traduisant la vitesse) qui est assez forte entre 1996 et 1997 par rapport aux autres intervalles de temps, confirme la réaction des paysans suite à la disponibilité plus importante des moellons.

Le seuil optimal donnant le coefficient de détermination le plus élevé est de 0,70. Ce résultat signifie qu'au delà de 1998, le seuil le plus élevé du taux d'adoption des cordons pierreux est de 70% pour le village de Mōgombouli.

Graphique n° 2 : Evolution des taux d'adoption



Source : construction de l'auteur à partir des données du groupement Nāam de Mōgombouli

L'analyse de la fonction de production a montré que l'utilisation de la fumure organique et la formation en cordons pierreux améliorent l'efficacité de cette technique. Par contre lorsque qu'on augmente les superficies traitées, l'efficacité des cordons pierreux diminue. Enfin les engrais minéraux améliorent les productions mais ne sont pas déterminantes pour l'efficacité des diguettes. L'analyse de la rentabilité a révélé que les techniques de CES que nous avons étudiées sont toutes rentables, à court terme pour le zaï et à long terme pour les cordons pierreux. L'analyse de la fonction logistique a montré un accroissement de plus de 20% des taux d'adoption des cordons pierreux entre 1994 et 1998 dans le village de Mōgombouli.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Le Yatenga est une province du Nord-Ouest du Burkina Faso où l'environnement naturel est caractérisé par une armature du relief essentiellement constituée par des cuirasses ferrugineuses et une prédominance de sols pauvres en matières organiques. La pluviosité y est également insuffisante, très aléatoire et les pluies sont orageuses. L'environnement socio-économique se caractérise par une densité élevée de la population, un grand nombre de bovins et d'ovins. Les activités économiques sont essentiellement basées sur l'exploitation extensive du milieu naturel de plus en plus dégradé et rétréci. Comme conséquence de tous ces facteurs, cette province est chroniquement déficitaire sur le plan céréalière.

Diverses techniques de CES ont été mis en pratique par la recherche afin de contribuer à accroître les rendements. Les principaux objectifs de notre étude étaient :

- d'analyser les déterminants de l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols ;
- d'analyser les facteurs déterminant l'efficacité des techniques de CES ;
- d'évaluer la rentabilité des techniques de CES ;
- d'évaluer les taux d'adoption des techniques de CES.

Les données nécessaires à notre étude ont été collectées dans quatre villages de la province du Yatenga. Ces villages ont été choisis de façon semi-raisonnée d'abord sur la base des infrastructures pour éviter les villages extrêmes (pauvres ou riches). Ensuite, sur la base du nombre de ménages par village pour tenir compte des villages moyens, petits et gros. C'est ainsi que les villages de Mõgombouli, Solgum, Barelogo et Nõogo ont été retenus. Par un tirage aléatoire et indépendant au sein de chaque village, 141 ménages ont été retenus pour notre étude.

Pour analyser les déterminants de l'adoption des techniques de CES nous nous sommes basé sur la théorie de la maximisation de l'utilité. Un modèle probit a été utilisé pour les trois types de techniques. Les paramètres pour ces modèles ont été estimés grâce à la méthode du maximum de vraisemblance.

Pour l'analyse des déterminants de la production en présence de cordons pierreux, nous avons utilisé la fonction de production de type Cobb-Douglas. Les paramètres de cette fonction ont été estimés grâce à la méthode des moindres carrés ordinaires. L'évaluation de la rentabilité,

notre troisième objectif, a été atteint grâce à l'utilisation de la valeur actualisée des revenus additionnels nets (VARAN).

L'évaluation des taux d'adoption des techniques de CES s'est fait par une régression sur le temps suivant la méthode des moindres carrés ordinaires. La fonction utilisée est de type logistique. Les données utilisées pour l'estimation de cette fonction sont des données secondaires collectées auprès du groupement Nāam de Mōgombouli.

Les résultats de l'analyse des déterminants de l'adoption des techniques de CES montrent que la formation est déterminante pour l'adoption des techniques de CES. Nous notons cependant que certains avantages liés à la formation participent à rendre cette variable déterminante pour l'adoption des techniques. L'appartenance à une organisation paysanne est déterminante pour l'adoption des cordons pierreux. D'une façon générale, le cheptel favorise l'adoption des techniques de CES. Pour des raisons de corrélation, seule une catégorie de ce cheptel a été retenue dans chaque modèle (petits ruminants ou bovins). La possession de petits ruminants favorisent l'adoption du zaï alors que les bovins sont déterminants pour l'adoption des cordons pierreux et du « zaï et des cordons pierreux ». Percevoir la dégradation des sols suite à l'érosion et son impact négatif sur les rendements n'est déterminante que pour l'adoption du « zaï et des cordons pierreux ». Enfin nous avons trouvé que le matériel agricole a un effet positif sur l'adoption des trois types de techniques mais seul le matériel aratoire est déterminant pour l'adoption des cordons pierreux.

L'analyse de la fonction de production a montré que des gains de production sont réalisés par l'utilisation des cordons pierreux sur de grandes superficies. Cependant lorsque les superficies traitées en cordons pierreux augmentent leur efficacité diminue. Sur le plan économique cette alternative n'est donc pas efficace. L'utilisation de la fumure organique est déterminante pour la production en présence de cordons pierreux et améliore leur l'efficacité . La formation reçue en cordons pierreux contribue de façon significative à améliorer l'efficacité de cette technique par l'accroissement des productions. L'utilisation de la fumure minérale est déterminante pour la production mais elle ne participe pas à rendre les cordons pierreux plus efficace.

L'évaluation de la rentabilité a montré que le zaï est rentable à court terme et qu'en année de pluviosité abondante le zaï se révélerait être une technique non rentable. Les cordons pierreux, contrairement au zaï ne sont rentables qu'à moyen et long termes.

Enfin, l'estimation des taux d'adoption montre qu'il y a eu une augmentation significative des taux d'adoption entre 1994 et 1998 dans le village de Mōgombouli.

Ces différents résultats suggèrent d'abord un accroissement des capacités organisationnelles des paysans. Plus que le nombre d'hommes, c'est la qualité humaine qu'il s'agit de promouvoir à travers les groupements et associations traditionnelles. C'est-à-dire qu'il faut se baser sur les groupements secrétés par les traditions pour allier la solidarité et la créativité, l'esprit d'initiative et la responsabilisation pour protéger les sols. Au-delà des groupements Nāam du Yatenga les associations ou groupements traditionnels sont nombreux au Burkina Faso. Au Soum nous avons le Djannaati, au Houet le Dogoni, dans le Gourma le Ountani et dans la Bouguiriba le Tientetaa. Ces associations peuvent donc servir à la promotion de techniques de CES adaptées à chaque région.

Il faudrait également faciliter la formation des paysans sur les techniques de CES surtout en ce qui concerne les cordons pierreux. La complexité de cette technique réside surtout dans la détermination des courbes de niveaux qui est l'un des facteurs déterminant l'efficacité de cette technique. Des outils peu coûteux et maîtrisables par les producteurs sont nécessaires pour atteindre cet objectif. A cet effet, les niveaux à eaux déjà vulgarisés dans le Yatenga permettent la détermination des courbes de niveaux par les producteurs.

De même, il faudrait mettre l'accent sur les crédits accordés pour le matériel agricole en général et le matériel aratoire en particulier. Pour la promotion des cordons pierreux nous suggérons surtout de faciliter l'accès à des crédits pour le matériel aratoire et pour les bovins (animaux de traits ou non). Pour le matériel aratoire, cela pourrait se faire suivant les circuits qui existent et qui ont montré leur efficacité. Pour les bovins une « banque » pourrait être mise en place en adaptant le système déjà utilisé à Madagascar à travers la zebu overseas bank (ZOB) au contexte du Yatenga et partant du Burkina Faso.

Il faut également faciliter l'accès des femmes à des micro-crédits destinés à l'embouche de petits ruminants pour la promotion du zaï. Cela devrait avoir pour effet d'accroître l'utilisation des engrais minéraux suite à l'accroissement du pouvoir d'achat du ménage. Ces engrais minéraux seront utilisés en complément aux engrais organiques fournis par les petits ruminants et les bovins.

Beaucoup de projets et ONG, pour des questions de résultats et de justification au près des bailleurs de fonds, mettent l'accent sur les superficies traitées par les différentes techniques. Pour le cas des cordons pierreux cet indicateur de suivi-évaluation devra être revu pour tenir compte de l'efficacité de cette technique car elle détermine à l'échelle du producteur et du village un facteur de pérennisation de cette pratique.

Les techniques de CES ne sont pas uniquement des ouvrages strictement définis à partir de normes arrêtées par les techniciens. Elles représentent l'ensemble des pratiques qui concourent à la gestion des sols sur le plan agricole par les paysans. L'étude du transfert technologique doit en conséquence s'accompagner de la compréhension sociale et économique du rôle de la technique, de sa logique et du but poursuivi par son utilisation. Ce qui a été dit et fait n'étant pas tout ce qu'il y a à dire ou à faire, nous suggérons pour les futures études de prendre en compte les variables telles que l'état du sol, l'appartenance à une zone climatique donnée et la tenure foncière. De même pour les années à venir, il faudra intégrer un facteur quadratique au niveau de l'âge des cordons pierreux.

BIBLIOGRAPHIE

Adesina A.A. and Baidu-Forson J., 1995. Farmers' perception and adoption of new agricultural technology : evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural economics*, 13 (3) : 1-9.

Adesina A.A. and Zinnah M.M., 1992. Explaining smallholder farmer adoption process : an alternative using tobit analysis of rice farmers' decisions in Sierra Leone. *Adoption and impact assessment reports*, 28p.

Atampugre N., 1993. *Au-delà des lignes de pierres : l'impact social d'un projet de conservation des eaux et des sols dans le Sahel*. PAF/OXFAM, 199p.

Baidu-Forson J., 1999. Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel : lessons from a case study in Niger. *Agricultural economics*, 20 (3) : 231-239.

Barkley A. ; Nkonya E. ; Hamilton S. and Bernado D., 1999. Environmental and economic impacts of soil erosion and fertility mining in northern Tanzania. Selected paper, american agricultural economics association annual meetings, Nashville, Tennessee, August 8-11, 14p.

Batz F.-J. ; Peters K.J. and Jassen W., 1999. The influence of technology characteristics on the rate and the speed of adoption. *Agricultural economics*, 21(2) : 121-130.

Blend R. and Van Ravenswaay E.O., 1997. Using ecolabeling to encourage adoption of innovative environmental technologies in agriculture. Department of agricultural economics, staff paper n° 97-19, Michigan state university, paper presented at the symposium "flexible incentives to promote the adoption of environmental technologies in agriculture", June-10, Gainesville, 45p.

Boulet R., 1968. *Etude pédologique de la Haute-Volta : région centre nord*. ORSTOM, Dakar-Hann, 347p.

Centro internacional de mejoramiento de maiz y trigo (CIMMYT)., 1993. *The adoption of agricultural technology : a guide for survey design*. CIMMYT, Mexico, 86p.

Coudé-Gaussen G., 1994. Erosion éolienne au Sahel et sécheresse. *Sécheresse* 3 (5): 199-210.

De Graaf J. et Stroosnijder L., 1994. Evaluation économique des mesures de conservation des eaux et des sols au Sahel dans Réseau érosion, environnement humain de l'érosion, bulletin n° 15, ORSTOM-CTA, Montpellier, pp 254-265.

Dixon J.A. ; Brooks K.N. et Gregersers H.M ., 1989. *Guide pour l'évaluation économique des projets d'aménagements des bassins versants*. Food and Agricultural Organization (FAO), Rome, 164p.

Doro T., 1991. La conservation des eaux et des sols au Sahel : l'expérience de la province du Yatenga (Burkina Faso). Comité permanent inter Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS), Ouagadougou 74p.

Drabo I., 1998. Crise alimentaire et stratégies paysannes au Yatenga (Burkina Faso) dans Actes de la 3^{ème} édition du forum national de la recherche scientifique et des innovations technologiques (FRSIT) sur le thème de la recherche et du développement durable, tome 2, CNRST, Ouagadougou, pp24-34.

Dugué P. et Yung J.M., 1992. Reconstruction de la fertilité au Yatenga (Burkina Faso) dans Le développement agricole au Sahel, tome III, terrains et innovations, collection « documents systèmes agraires » n°17, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), pp45-61.

Ehui S.K. ; Kang B.T. and Spencer D.S., 1991. Economic analysis of soil erosion effect in alley cropping, no-till and bush fallow system in south western Nigeria, *research at the IITA* n°3, pp2-6.

Featherstone A.M. ; Kaliba A.R.M. and Norman D.W., 1997. A stall-feeding management for improved cattle in semiarid central Tanzania : factors influencing adoption. *Agricultural economics*, 17 (2-3) : 133-146.

Ghadim A.K.A. and Pannel, D.J., 1999. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural economics*, 21 (2) : 145-154.

Gilligan D.O., 1998. Farm size, productivity, and economic efficiency : accounting for differences in efficiency of farms by size in Honduras. Selected paper at the american agricultural economics association annual meetings, Salt Lake City, 15p.

Gourieroux C., 1989. *Econométrie des variables qualitatives*. 2^e édition, collection «économie et statistiques avancées», serie «école nationale de la statistique et de l'administration économique et du centre d'études des programmes économiques», economica, Paris, 430p.

Goldstem M. and Udry C., 1999. Social learning through networks : the adoption of new technologies in Ghana. Economic growth center, Yale university, 10p.
(<http://www.econ.yale.edu>)

Hamoudi K.A ; Sherif S.A. and Sofian B.E., 1997. Wheat production in Saudi Arabia between feasibility and efficiency. *Agricultural economics*, 16 (1) : 35-45.

Hien F.G., 1995. *La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel : une étude de l'effet des mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso*. Document sur la gestion des ressources tropicales n°7, université agronomique de Wageningen, 194p.

Institut de l'environnement et de la recherche agricole (INERA), 2000a. Rapport sur les acquis scientifiques (1992-1999) du département gestion des ressources naturelles et systèmes de production (GRN/SP). Ouagadougou, 139p.

Institut de l'environnement et de la recherche agricole (INERA), 2000b. Bilan de 10 années de recherche 1988-1998. Ouagadougou, 115p.

Institut national de la statistique et de la démographie (INSD), 1998. Recensement général de la population et de l'habitation du Burkina Faso (du 10 au 20 décembre 1996). Ouagadougou, 45p.

Institut national de la statistique et de la démographie (INSD), 2000. Analyse des résultats du recensement général de la population et de l'habitation de 1996. Rapport de synthèse, Ouagadougou, 43p.

Isik M., 2001. Technology adoption under uncertainty : impacts of alternative return assumptions on timing of adoption. Submitted for presentation as a selected paper at the annual meeting of american agricultural economics association, Chicago, Illinois, August 5-8, 19p.

Izard M., 1985. *Le Yatenga précolonial : un ancien royaume du Burkina Faso*. Karthala, Paris, 161p.

Johnson J., 1989. *Méthodes économétriques*. Tome 2, 3^e édition, economica, Paris, 648p.

Kaboré P.D. ; Kambou F. ; Dickey J. et Lowenberg-Deboer J., 1994. Economie des cordons pierreux, du paillage et du zaï dans le nord du plateau central du Burkina Faso ; une perspective préliminaire *dans* Recherche intégrée en production agricole et en gestion des ressources naturelles : projet d'appui à la recherche et à la formation (ARTS), Burkina Faso 1990-1994, Purdue university- winrock international, pp72-89.

Kaboré D. et Lowenberg-Deboer J., 1994. L'économie des cordons pierreux sur le sorgho et le mil au Burkina Faso *dans* Sciences et techniques vol XXI n°1, série sciences sociales et humaines, centre national de la recherche scientifique et technologique (CNRST), Ouagadougou, pp6-24.

Kaboré P.D. ; Maatma A. ; Kaboré T.S. ; Ouédraogo A.A. ; Ruijs A. ; Sawadogo H. et Schweignan C., 1995. Analyse des stratégies paysannes dans les régions centre et Nord-Ouest du Burkina Faso. Approche de quelques résultats, sécurité alimentaire durable en Afrique de l'Ouest centrale (SADAOC), 49p.

Kazianga H. and Masters W.A., 2001. Investing in soils : fields bunds and microcatchment in Burkina Faso. Selected paper at the american agricultural economists association annual meeting, 5-8 August , 32p.

Lapar A. ; Pandey S. and Waibel H., 1999. Adoption of contour hedgerows by upland farmers in the Philippines : an economic analysis. International rice research institute (IRRI), 40p.

Ministère de l'agriculture (M.A), 1999. Stratégie et plan d'action de gestion intégrée de la fertilité des sols. IFDC-Afrique, Ouagadougou, 101p.

Marchal, J.Y., 1983. Yatenga (Nord Haute-Volta) la dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°167, ORSTOM, Paris, 873p.

Marchal J.Y., 1986. Vingt ans de lutte anti-érosive au nord du Burkina Faso. *Cahiers ORTOM, série pédologique*, 2 (22) : 13-180.

Mcbride W.D. and Daberkow S.G., 2001. Information and adoption of precision farming technologies. Selected paper for presentation at the american agricultural economics association annual meeting, Chicago, Illinois, August 5-8, 16p.

Mcbride W.D. ; Daberkow S.G. and Fernandez-Cornejo J., 2001. Decomposing the size effect on the adoption of innovations : agrobiotechnology and precision farming. Selected paper at the american agricultural economics association annual meeting, Chicago, Illinois, August 5-8, 31p.

- Negatu W. and Parikh A.**, 1999. The impact of perception and other factors on the adoption of agricultural technology in the Moret and Jiru Woreda (district) of Ethiopia. *Agricultural economics*, 21 (2) : 205-216.
- Nerlove M. ; Vosti,S. et Basel W.**, 1996. Role of farm-level diversification in the adoption of modern technology in Brazil. Research report n° 104, IFPRI (international food policy research institute), 53p.
- Okali C.**, 1993. Adoption and adaptation of prerain tillage tine (CEEMAT RS8) Yatenga province : a minotoring report. Natural resources institute (NRI), 30p.
- Ouédraogo B.L.**, 1990. *Entraide villageoise et développement : groupements paysans au Burkina Faso*. Collection alternatives rurales, l'harmattan, Paris, 177p.
- Ouédraogo M.**, 1992. Modes d'appropriation de l'espace et développement : exemple des villages de Bidi et Amene (Nord Yatenga, Burkina faso). Mémoire de DEA d'anthropologie, université de Provence Aix-Marseille1, 58p.
- Ouédraogo M. et Kaboré V.**, 1996. Le zai, technique traditionnelle de réhabilitation des terres dégradées au Yatenga (Burkina Faso) *dans* Techniques de conservation de l'eau et des sols en Afrique, CTA-CDCS-Karthala, pp119-125.
- Ouédraogo S.**, 1999. Analyse économique des effets des mesures de conservation des eaux et des sols sur la production agricole dans le plateau central. Mémoire de DEA, FASEG, université de Ouagadougou, 56p.
- Prato T. ; Fulcher C. ; Wu S. and Ma J.**, 1996. Multiple objective decision making for agrosystem management. *Agricultural and resource economics review*, 25 (2) : 200-212
- Reij C. ; Scoones I. et Toulmin C.**, 1996. Gestion des terres : pratiques locales de conservation de l'eau et des sols en Afrique, *dans* Techniques de conservation de l'eau et des sols en Afrique, CTA-CDCS-karthala, Paris, pp 49-63.
- Rochette R.M.**, 1990. *Le Sahel en lutte contre la désertification : leçons d'expérience*. CILSS, GTZ, Karthala, Paris, 592p.
- Roose E.**, 1989. Diversité des stratégies traditionnelles et modernes de conservation des eaux et des sols : influence du milieu physique et humain en région soudano-sahélienne d'Afrique occidentale, 32p.
- Roose E.**, 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin pédologique de la FAO, n° 70, Rome, 420p.
- Roose E. et Rodriguez I.**, 1990. Aménagement de terroirs au Yatenga (Nord-Ouest du Burkina Faso) : quatre années de gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES) bilan et perspectives. INERA, CIRAD-DSA, ORSTOM, Montpellier, 40p.
- Ruelle P. ; Sene M. ; Junker E. ; Diatta M. et Perez P.**, 1990. Défense et restauration des sols, volume 1 n° 1, fiches techniques, CIRAD-ISRA, Dakar, 46p.

Savadogo K., 1990. Etude des paramètres de la consommation au Liberia et au Burkina Faso : comparaison d'échantillonnage *dans* Stratégies et politiques alimentaires au Sahel : de la recherche à la prise de décision, Centre Sahel, pp199-207.

Savadogo K. et Larivière S., 1993. Caractéristiques socio-économiques et stratégies des ménages matière de sécurité alimentaire dans la province du Passoré. Projet d'étude sur les systèmes et les politiques agro-alimentaires au Burkina Faso, série travaux de recherche, CEDRES/LAVAL, 98p.

Savadogo K. ; Reardon T. et Pietola K., 1998. Adoption of improved land use technologies to increase food security in Burkina Faso : relating animal traction. Productivity, and non-farm income. *Agricultural system*, 58 (3) : 441-464.

Service des statistiques animales (SSA), 2001. Statistiques du secteur de l'élevage au Burkina Faso année 2000. Direction des études et de la planification du ministère des ressources animales, Ouagadougou, 86p.

Services des statistiques agricoles (SSA), 2000. Résultats de l'enquête permanente agricole campagne 1999-2000. Direction des études et de la planification du ministère de l'agriculture Ouagadougou, 40p.

Shiferaw B. and Holden S.I., 1998. Ressource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian highlands : a case study in Andit Tid, North Shewa. *Agricultural economic*, 18 (3) : 233-247.

Shively G.E., 1998. Modeling impacts of soil conservation on productivity and yield variability : evidence from a heteroskedastic switching regression. Selected paper at annual meeting of the american agricultural economics association, Salt Lake City, 12p.

Shively G. and Coxhead I.A., 1995. Measuring the environmental impacts of economic change : the case of land degradation in the Phippine agriculture. University of Wisconsin-Madison, departement of agricultural economics, staff paper n°384, 34p.

Swinton S.M., 2000. More social capital, less erosion : evidence from peru's altiplano. Selected paper for presentation at the annual meeting of the american agricultural economics association, Tampa, FL, July30-August2, 19p.

Swinton S.M. and Gebremedhin B., 2001. Sustainable management of private and communal lands in Nothern Ethiopia. Staff paper, 01-09, department of agricultural economics, Michigan State University, 30p.

Thevoz C., 2000. Le zaï ou les limites d'une stratégie de mise en culture des sols dégradés au Burkina Faso *dans* La sécurité alimentaire en question : dilemmes, constats et controverses, Karthala, Paris, pp217-229.

Trognon A., 1978. *Modèles de diffusion d'une innovation : l'exemple de la télévision couleur*. Annales de l'INSEE n° 29-1978, 62p.

Valentin C., 1994. Sécheresse et érosion au Sahel. *Sécheresse* 3 (5) : 191-198.

Vlaar J.C.J., 1992. *Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel*. Centre interafricain d'études hydrauliques (CIEH), Ouagadougou, université agronomique de Wageningen (UAW), Wageningen, 99p.

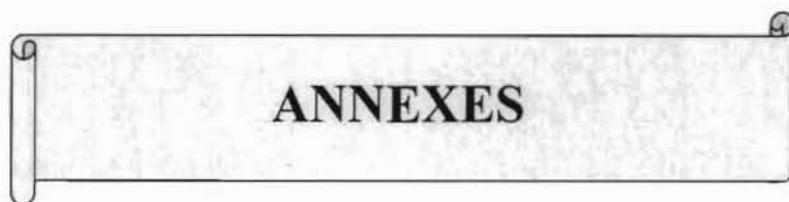
Young D.L. ; Wang H.H. and Camara O.M., 2000. The role of environmental education in predicting adoption of wind erosion control practices. Paper presented at the Western agricultural economics association annual meetings, Vancouver, British Columbia, June 29-July1, 15p.

Wang Q., 2001. A technical efficiency analysis of pennsylvania dairy farms, Paper presented at american agricultural economics association annual meeting, Chicago, Illinois, August 5-8, 18p.

Westra J. and Olson K., 1997. Farmers' decision processes and adoption of conservation tillage. Department of agricultural applied economics, college of agricultural, food and environmental sciences, university of Minnesota, Staff paper p97-9, 34p.

World resources institute (WRI), 1999. Disappearing land : soil degradation. WRI, Washington DC.

(<http://www.igc.org/wri/trends/soilloss.html>)



ANNEXES

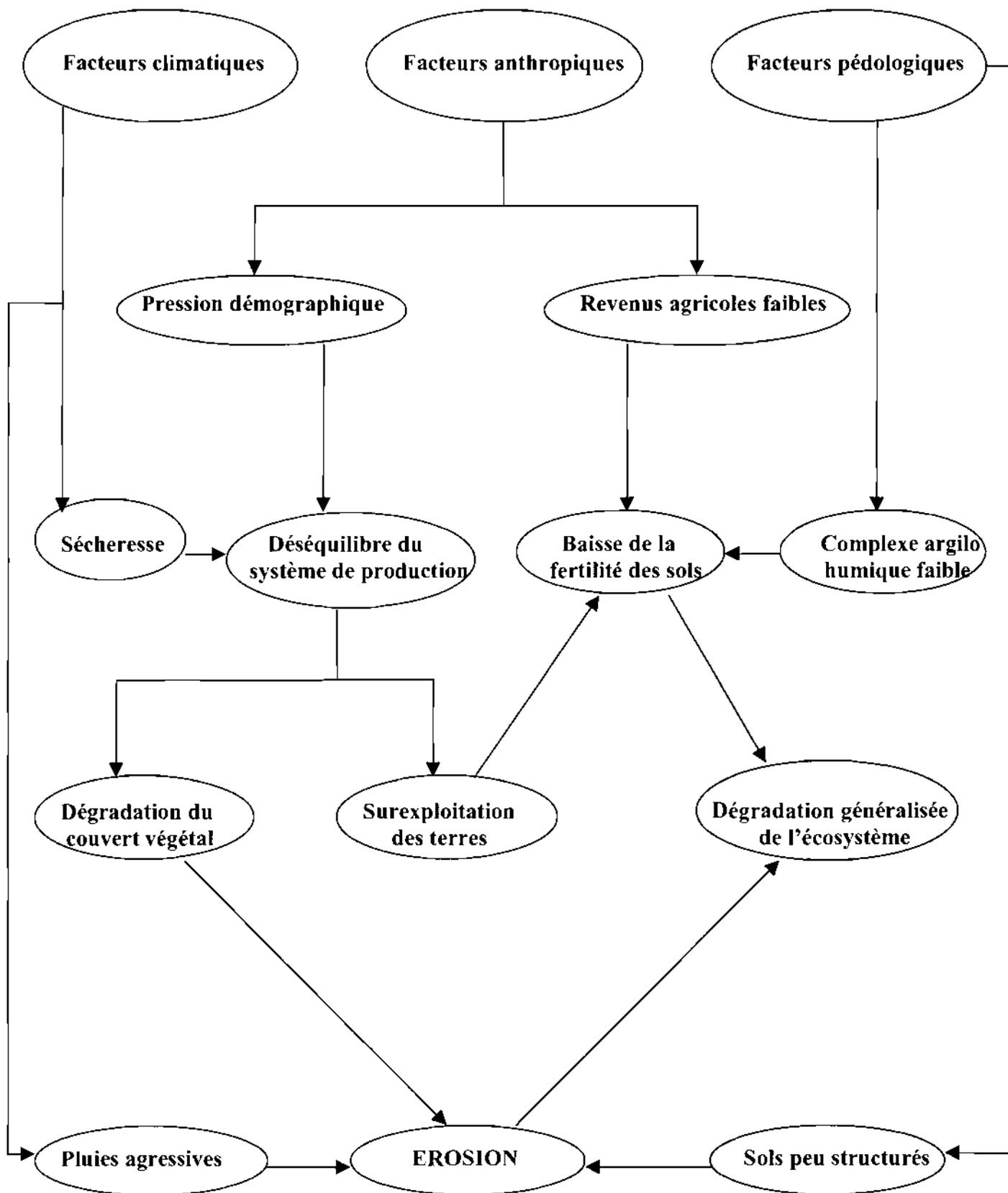
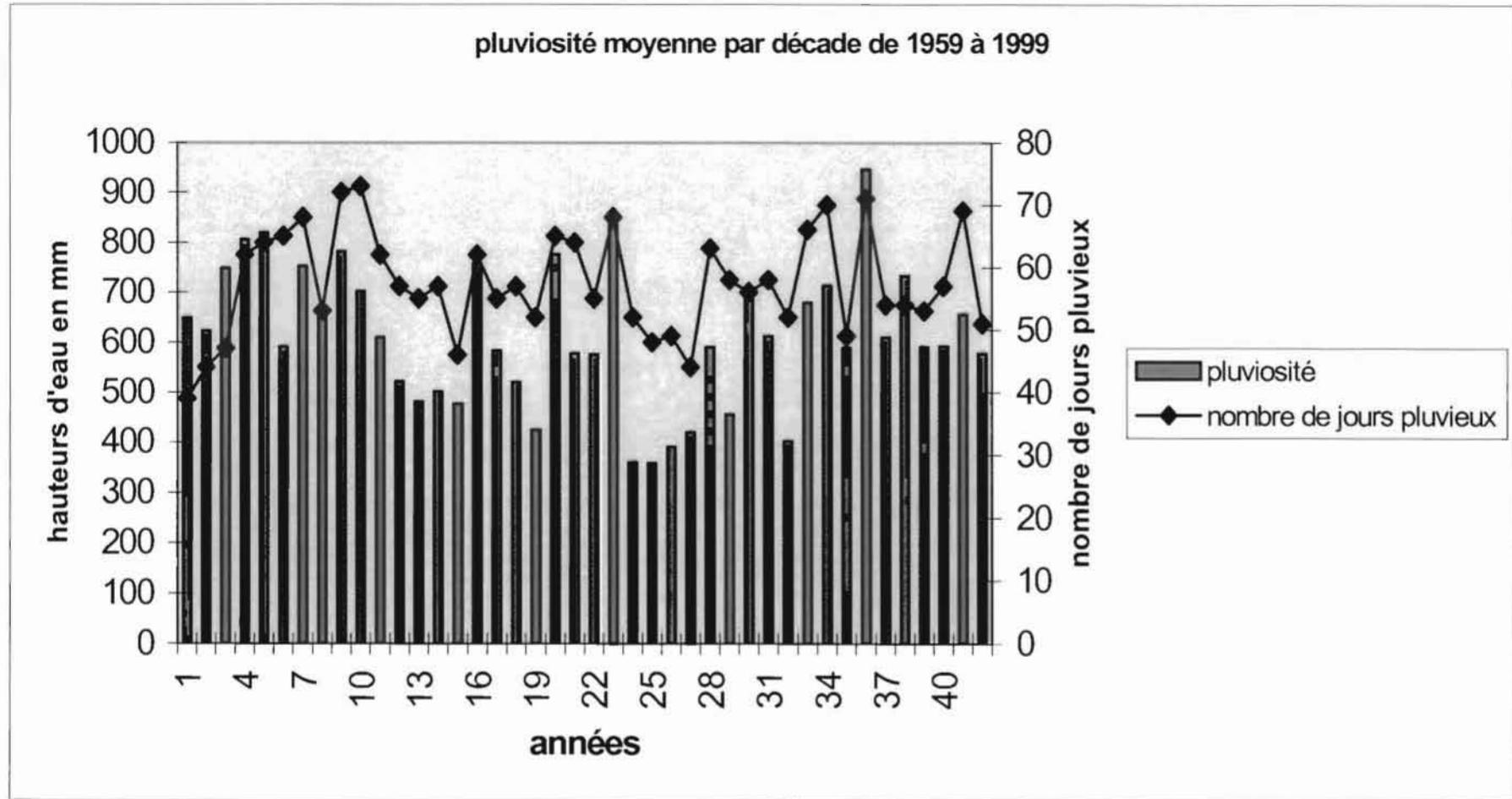


Schéma général de la problématique de la dégradation des sols au Yatenga



GUIDE DE REMPLISSAGE DU QUESTIONNAIRE

L'objectif de toute recherche qui se veut scientifique est d'être claire et précise pour permettre, toutes conditions gardées de pouvoir reproduire exactement les mêmes résultats. Un des points essentiels pour atteindre cet objectif est la collecte rigoureuse des données.

Le présent guide a pour objectif de vous aider à mieux remplir le questionnaire qui vous est soumis, quoique celui-ci ne présente pas de difficultés particulières. Il présente également le principe que nous avons adopté pour tout ménage enquêté. Aussi nous nous attarderons sur certaines questions dont la compréhension peut sembler difficile à première vue.

Le questionnaire comprend trois grandes parties :

- adoption des techniques de conservation des eaux et des sols ;
- évaluation de la rentabilité des techniques de conservation des eaux et des sols ;
- inventaire des infrastructures socio-économiques et des taux d'adoption dans les villages.

I. Adoption des techniques de gestion des ressources naturelles

Section 1 : Il s'agit de donner les informations sur les caractéristiques socio-économiques du chef de ménage.

Question n°3 : il s'agit de rechercher le nombre d'années (total) que le chef de ménage a passé dans un établissement d'enseignement (primaire, secondaire ou supérieur) ou dans un centre d'alphabétisation.

Question n°4 : cette question a pour objectif de savoir si le paysan est un migrant ou non, s'il est un allochtone ou un autochtone.

Question n°7 : cette question est divisée en deux sous questions. Il s'agit de savoir d'abord l'activité principale du chef de ménage puis son activité secondaire.

Question n°8 : Pour cette question, une évaluation du paysan est d'abord prise en compte (pour le nombre total de ses champs). Une de ses parcelles est ensuite mesurée à l'aide d'une corde.

NB : la mesure doit se mener de préférence sur une parcelle aménagée se situant à proximité de la concession du paysan.

Sur la base de la superficie de cette parcelle le paysan compare les autres parcelles. Ainsi est estimée la superficie totale de ses champs exploités.

Section 2 : il s'agit de fournir les informations sur la perception du phénomène de la dégradation de l'environnement et de l'efficacité des techniques de gestion de la fertilité des sols .

Question n°4 : Les codes pour cette question sont les mêmes que ceux utilisés à la question n°2.

Question n°7 : les codes pour cette question sont les mêmes que ceux utilisés à la question 6 .

Section 3 : cette section doit faire l'état de la composition démographique du ménage.

Question n°1 : le recensement des individus doit être fait en tenant compte de ceux qui travaillent effectivement sur les parcelles du chef de ménage. Il doit commencer en priorité par les actifs du ménage c'est à dire ceux qui ont entre 14 et 65 ans ceci pour des raisons de gestion de l'espace sur la fiche d'enquête et des objectifs de l'étude.

Question n°7 : il s'agit de savoir si le membre (actif) du ménage a un champ individuel différent du champ commun (qui est sous la responsabilité du chef de ménage).

Section 4 : cette section indique comment le chef de ménage a été informé et formé sur les techniques de gestion des ressources naturelles (GRN) et quels étaient ses objectifs en utilisant les techniques de GRN.

Question n°2 : il s'agit de rechercher l'année où le paysan a entendu parler de la technique correspondante pour la première fois même s'il ne l'a pas utilisé la même année.

Question n°4 : il s'agit de savoir si le paysan a reçu une formation directe ou indirecte sur la technique de CES correspondante avant son utilisation.

Question n°5 : cette question a pour objectif de savoir si le paysan a vue de façon concrète les avantages et les inconvénients de la technique avant son utilisation dans ses parcelles.

Question n°6 : il s'agit de rechercher l'année où le paysan a utilisé la technique correspondante pour la première fois dans sa parcelle. Cette année peut être différente de celle où le paysan a entendu parler de la technique pour la première fois.

Définition de certains termes

Zaï : Nous entendons par zaï, le trou de 30 à 50 cm de diamètre et de 10 à 20 cm de profondeur tous les 0.5 à 1.2m creusé en saison sèche dans lequel le paysan dépose au début de la saison des pluies 200 à 600 g de fumier.

Cordons pierreux : Nous entendons par cordons pierreux ou diguettes en pierres ou pierres alignées, les ouvrages anti-érosifs constitués par un arrangement judicieux de pierres sur une courbe de niveau que le paysan aménage dans la parcelle qu'il cultive.

Zaï et cordons pierreux¹ : Nous entendons par zaï et cordons pierreux la technique d'aménagement des parcelles cultivées consistant à combiner les deux techniques ci-dessus citées dans la même parcelle.

Autres techniques de CES : Nous entendons par autres techniques de conservation des eaux et des sols, toutes autres techniques en dehors des trois ci-dessus, biologiques ou mécaniques dont l'objectif est de réduire directement ou indirectement l'érosion des sols dans les champs.

¹ « Zaï et cordons pierreux » constituent une technique (zaï et cordons pierreux en combinaison sur la même parcelle)

Section 5 : elle permet de faire l'inventaire du matériel agricole.

Question n°5 : correspond au nombre d'années (estimé par le paysan) pendant lequel il peut utiliser le matériel avant qu'il ne soit totalement hors d'usage.

Question n°9 : la valeur actuelle du matériel sera calculée ultérieurement en fonction de la valeur d'achat et la période d'achat donnée par le paysan.

Section 6 : elle a pour objectif de faire l'inventaire des techniques de GRN utilisées par le paysan de même que quelques pratiques agricoles.

Question n°1 : si parmi les techniques appliquées par le paysan il y a les cordons pierreux (cp), préciser les écartements moyens entre deux lignes successives de cordons pierreux sur la parcelle traitée en mètres (m)

Question n°5 : les quantités de fumure organique et minérale correspondent à la quantité moyenne de ces intrants utilisées par le paysan dans les parcelles. Les valeurs seront calculées ultérieurement.

Question n°6 : il s'agit de trouver la localisation de la parcelle correspondante. Case signifie que la parcelle se trouve dans les environs immédiats des concessions. Village signifie que la parcelle est dans la zone habitée mais pas à proximité des cases. Brousse signifie que la parcelle fait partie de la zone non habitée mais dans des limites du village.

Question n°7 : il s'agit de déterminer le type de sol sur lequel le paysan a appliqué la technique pour la première fois. Autrement dit, il s'agit de savoir quel était le type de sol de la parcelle avant qu'il n'applique la technique sur sa parcelle. Le type de sol sera donné dans les langues locales et un recordage est possible ultérieurement. Une observation de surface en présence du chef du ménage ou d'un membre du ménage travaillant sur ce champs permet de généraliser l'observation sur la parcelle.

Section 7 : elle consiste à faire l'inventaire du cheptel moyen du ménage appartenant au chef de ménage ou non et qui est utilisée d'une manière directe ou indirecte dans les activités agricoles de l'exploitation.

Question n° 1 : cette question doit permettre de savoir en moyenne l'effectif du cheptel après les récoltes.

Question n° 2 : il s'agit de savoir si le paysan possède un parc où les animaux sont mis et d'où éventuellement il tire le fumier .

II. Evaluation de la rentabilité

Cette partie est adressée à l'échantillon des neuf ménages.

Section 1 : elle permet de faire l'inventaire du matériel utilisé pour la mise en œuvre des techniques de gestion des ressources naturelles (GRN).

Question n°4 : l'objectif de cette question est de déterminer le type de matériel qui a été utilisé pour la réalisation des techniques, leur origine et la durée de leur utilisation.

Les coûts journaliers sont calculés ultérieurement à partir de la durée d'utilisation journalière fournit par le paysan.

Section n°2 : cette section a pour objectif la détermination du coût initial des intrants utilisés pour la réalisation des techniques de GRN. La disponibilité de ces intrants peut également être évaluée grâce à cette section.

Section 3 : elle fait l'inventaire de la main d'œuvre qui a été utilisée pour la réalisation des techniques de GRN.

Quelque soit le type de main d'œuvre (familiale, salariée, entraide...), le nombre de personnes H (hommes), F (femmes), E (enfants) ayant travaillé doit être indiquée ainsi que le nombre d'Hommes/jours et le nombre de jours de travail. Le coût journalier et le coût total seront calculés ultérieurement.

Section 4 : le nombre de personnes nécessaires indique le nombre de personnes en fonction du type de transport qui a été mobilisé pour la mise en œuvre de la technique.

Section 5 : Les quantités des différents intrants correspondent aux quantités moyennes utilisées chaque année dans la parcelle correspondante. Les valeurs seront calculées ultérieurement.

NB : Cette section devra être administrée autant de fois qu'il y a d'années entre l'année de la 1^{ère} utilisation de la technique et celle de la dernière année.

Exemple, si un paysan a appliqué la technique il y a 5 ans, cette section devra être administrée 5 fois. Compte tenu du niveau de scolarisation très bas, la priorité sera accordée aux paysans capables de fournir des informations d'une certaine fiabilité. Le nombre d'années peut souvent poser des problèmes de mémoire si le paysan ne quantifie pas ses productions et certains de ses intrants.

Les sections et questions qui ont fait l'objet de cette clarification sont celles qui nous semble un peu ambiguë. Toute fois si des zones d'ombre persistent, prière contacter l'auteur à l'adresse suivante :

Kinané Modeste

01 B.P. 3828 Ouagadougou 01

Burkina Faso

Tel (226) 34 30 12

e-mail : mkinane@caramail.com

Ou

Mr Koné Michel

Directeur des statistiques générales

Institut National de la Statistique et de la Démographie(INSD)

QUESTIONNAIRE SUR LES TECHNIQUES DE CES**Adoption des techniques**

Département

Village.....

Exploitant n°.....

Nom et prénoms du chef d'exploitation.....

SECTION 1 : Caractéristiques socio-économiques du chef de ménage (CM) .

n°	Questions	Catégories et codes	
1	Quel est votre âge (ans) ?		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
2	Sexe	Masculin.....1 Féminin.....2	<input type="checkbox"/>
3	Combien d'année(s) avez-vous passé à l'école ou dans un centre d'alphabétisation ?		<input type="text"/> <input type="text"/>
4	Etes-vous originaire du village ?	Oui.....1 Non.....2	<input type="checkbox"/>
5	Etes-vous membre d'une association ou d'un groupement ?	Oui.....1 Non.....2	<input type="checkbox"/>
6	Etes-vous membre du bureau ?	Oui.....1 Non.....2	<input type="checkbox"/>
7	Quelle est votre activité principale ? Quelle est votre activité secondaire ?	Agriculture.....1 Elevage.....2 Maraichage.....3 Commerce.....4 Artisanat.....5 Orpillage.....6 Autres.....7	Principale <input type="checkbox"/> secondaire <input type="checkbox"/>
8	Quelle est la superficie totale de vos champs exploités (ha) ?		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

QUESTIONNAIRE SUR LES TECHNIQUES DE CES**Adoption des techniques**

Département.....

Village

Exploitation n°.....

Section 2 : perception du phénomène de la dégradation de l'environnement

n°	Questions	Catégories et codes	
1	Quelle est selon vous l'évolution du couvert végétal ?	dégradé.....1 inchangée2 amélioré.....3	<input type="checkbox"/>
2	Quelles sont selon vous les trois principales causes de cette évolution ?	Sécheresse.....1 Surpâturage.....2 Coupe abusive des arbres.....3 Feux de brousse.....4 Plantation des arbres.....5 Violation des coutumes.....6 Usage de la fumure organique..7 Autres (préciser).....8	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Quelle est selon vous l'évolution de la fertilité des sols ?	dégradé.....1 inchangée2 amélioré.....3	<input type="checkbox"/>
4	Quelles sont selon vous les trois principales causes de cette évolution ?	mêmes codes qu'à la question 2	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	Pratiquez-vous la jachère ?	Oui.....1 Non.....2	<input type="checkbox"/>
6	Quelles est selon vous la technique de CES qui améliore de façon très significative les rendements ?	Zai.....1 Cordons pierreux.....2 Zai et cordons pierreux.....3 Digues filtrantes.....4 Autres.....5 (préciser)	<input type="checkbox"/>
7	Quelles sont selon vous la technique qui conserve le mieux le sol face à l'érosion hydrique ?	Mêmes codes qu'à la question 6	<input type="checkbox"/>

QUESTIONNAIRE SUR LES TECHNIQUES DE CES**Adoption des techniques**

Département.....

Village.....

Exploitation n°.....

Section 7 : inventaire du cheptel de l'exploitation

	1	2	3	4
Espèces	Effectif moyen après les récoltes	Avez-vous un parc Oui.....1 Non2	Type d'élevage Sédentaire.....1 Transhumant....2 Mixte(1-2).....3 Embouche.....4	Raisons d'élevage Consommation.....1 Commerce.....2 Mariage, funérailles, baptêmes scolarité, santé.....3 Travail/transport..4 Intégration agri-élevage..5 Achat de céréales.....6 Autres.....7
Bovins				
Ovins				
Caprins				
Porcins				
Asins				
Camelins				

QUESTIONNAIRE SUR LES TECHNIQUES DE CES**Evaluation de la rentabilité**

Département

Village

Exploitation n°.....

Section 5 : coûts de production

Année.....

1	2		3				4		5		6			7	
Type de technique pratiquée	Superficie (ha)	n° de la parcelle	Coût de la fumure minérale et organique				Semences		pesticides		Main d'œuvre familiale			Production moyenne (charrette)	
Zaï.....1 Cp.....2 Zaï et cp.....3	Fumure minérale		Fumure organique		Quantité (kg)	valeur	Quantité (kg)	valeur	Nombre d'Hommes		Nombre de femmes				
NB : si cp préciser l'écartement entre les lignes	Quantité (kg)		valeur	Quantité (charrettes)					valeur	Nb de Jours	Nb de mois	val	Nb de Jours		Nb de mois

Nb : nombre

Val : valeur

QUESTIONNAIRE SUR LES TECHNIQUES DE CES**Inventaire des investissements dans le village**

Département

Village

	1	2	3	4	5	6	7
Infrastructures	Nombre	Nombre non fonctionnels	Raison du non fonctionnement Panne.....1 Pas de pièces.....2 Pas de personnel....3 Pas de fourniture....4 Autres.....5	Age du plus ancien	Age du plus récent	Source de financement	Rechercher la valeur actuelle
Barrages							
Forages							
Puits busés							
Dispensaires							
Routes							
Banques de céréales							
Structure épargne-crédit							
Marché							
Moulins							
Parc de vaccination							
Magasins aliment bétail							
Autres							

ANNEXE E 1

Dependent Variable: ADOPTIONZAI						
Method: ML - Binary Probit						
Date: 05/09/02 Time: 10:31						
Sample(adjusted): 1 141						
Included observations: 141 after adjusting endpoints						
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	40	29	69	0	0	0
P(Dep=1)>C	26	46	72	66	75	141
Total	66	75	141	66	75	141
Correct	40	46	86	0	75	75
% Correct	60.61	61.33	60.99	0.00	100.00	53.19
% Incorrect	39.39	38.67	39.01	100.00	0.00	46.81
Total Gain*	60.61	-38.67	7.80			
Percent Gain**	60.61	NA	16.67			
	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	36.47	29.43	65.89	30.89	35.11	66.00
E(# of Dep=1)	29.53	45.57	75.11	35.11	39.89	75.00
Total	66.00	75.00	141.00	66.00	75.00	141.00
Correct	36.47	45.57	82.04	30.89	39.89	70.79
% Correct	55.25	60.76	58.18	46.81	53.19	50.20
% Incorrect	44.75	39.24	41.82	53.19	46.81	49.80
Total Gain*	8.44	7.57	7.98			
Percent Gain**	15.87	16.17	16.02			
*Change in "% Correct" from default (constant probability) specification						
**Percent of incorrect (default) prediction corrected by equation						

ANNEXE E 2

Dependent Variable: ADOPTIONCP1						
Method: ML - Binary Probit						
Date: 05/07/02 Time: 17:34						
Sample(adjusted): 1 141						
Included observations: 141 after adjusting endpoints						
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	23	9	32	0	0	0
P(Dep=1)>C	20	89	109	43	98	141
Total	43	98	141	43	98	141
Correct	23	89	112	0	98	98
% Correct	53.49	90.82	79.43	0.00	100.00	69.50
% Incorrect	46.51	9.18	20.57	100.00	0.00	30.50
Total Gain*	53.49	-9.18	9.93			
Percent Gain**	53.49	NA	32.56			
	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	23.86	18.95	42.82	13.11	29.89	43.00
E(# of Dep=1)	19.14	79.05	98.18	29.89	68.11	98.00
Total	43.00	98.00	141.00	43.00	98.00	141.00
Correct	23.86	79.05	102.91	13.11	68.11	81.23
% Correct	55.49	80.66	72.98	30.50	69.50	57.61
% Incorrect	44.51	19.34	27.02	69.50	30.50	42.39
Total Gain*	24.99	11.15	15.37			
Percent Gain**	35.96	36.58	36.27			
*Change in "% Correct" from default (constant probability) specification						
**Percent of incorrect (default) prediction corrected by equation						

ANNEXE E 3

Dependent Variable: ADOPTIONZAICP

Method: ML - Binary Probit

Date: 06/11/02 Time: 18:59

Sample(adjusted): 1 141

Included observations: 141 after adjusting endpoints

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	61	21	82	81	60	141
P(Dep=1)>C	20	39	59	0	0	0
Total	81	60	141	81	60	141
Correct	61	39	100	81	0	81
% Correct	75.31	65.00	70.92	100.00	0.00	57.45
% Incorrect	24.69	35.00	29.08	0.00	100.00	42.55
Total Gain*	-24.69	65.00	13.48			
Percent Gain**	NA	65.00	31.67			

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	54.47	26.61	81.08	46.53	34.47	81.00
E(# of Dep=1)	26.53	33.39	59.92	34.47	25.53	60.00
Total	81.00	60.00	141.00	81.00	60.00	141.00
Correct	54.47	33.39	87.86	46.53	25.53	72.06
% Correct	67.25	55.65	62.31	57.45	42.55	51.11
% Incorrect	32.75	44.35	37.69	42.55	57.45	48.89
Total Gain*	9.80	13.10	11.20			
Percent Gain**	23.03	22.80	22.92			

*Change in "% Correct" from default (constant probability) specification

**Percent of incorrect (default) prediction corrected by equation

ANNEXE G

	AGE	NIVEDU	ACTIFFS	ACTIFHS	MATARA1	MATTRANS	NBOVINS	NPETITRUMI	FORMACP	SUPERFICIE
AGE	1.000000	-0.329593	-0.063729	-0.096827	0.136225	0.214736	0.116729	0.058855	0.064844	0.379248
NIVEDU	-0.329593	1.000000	0.081970	0.240209	0.005523	-0.010281	-0.014089	0.002620	-0.055193	-0.184611
ACTIFFS	-0.063729	0.081970	1.000000	0.509836	0.104829	-0.008413	0.045848	-0.002585	-0.139088	-0.336736
ACTIFHS	-0.096827	0.240209	0.509836	1.000000	0.043120	-0.116049	-0.095932	-0.113037	-0.095752	-0.411982
MATARA1	0.136225	0.005523	0.104829	0.043120	1.000000	0.274878	0.397346	0.217558	0.138587	0.373640
MATTRANS	0.214736	-0.010281	-0.008413	-0.116049	0.274878	1.000000	0.349448	0.222993	0.095627	0.356197
NBOVINS	0.116729	-0.014089	0.045848	-0.095932	0.397346	0.349448	1.000000	0.565234	0.125719	0.451758
NPETITRUMI	0.058855	0.002620	-0.002585	-0.113037	0.217558	0.222993	0.565234	1.000000	0.105602	0.384437
FORMACP	0.064844	-0.055193	-0.139088	-0.095752	0.138587	0.095627	0.125719	0.105602	1.000000	0.199791
SUPERFICIE	0.379248	-0.184611	-0.336736	-0.411982	0.373640	0.356197	0.451758	0.384437	0.199791	1.000000
MEMBREOR	-0.125000	0.076441	0.061027	-0.007824	0.040160	0.095692	0.194131	0.159264	0.150487	0.151481

MEMBREOR	
AGE	-0.125000
NIVEDU	0.076441
ACTIFFS	0.061027
ACTIFHS	-0.007824
MATARA1	0.040160
MATTRANS	0.095692
NBOVINS	0.194131
NPETITRUMI	0.159264
FORMACP	0.150487
SUPERFICIE	0.151481
MEMBREOR	1.000000

Années avec cordons pierreux	Coût (orga + min+ pest)	semence	Coût production	production	valeur	bénéfices	cp-ncp
1997	83000	625,5	83625,5	2500	400000	316374,5	50560
1998	65500	721,41	66221,41	2550	441150	374928,59	125598
1999	84000	492,06	84492,06	3800	463600	379107,94	89548
2000	77000	500,4	77500,4	3600	424800	347299,6	205320
Années sans cordons pierreux							
1997	83000	625,5	83625,5	2184	349440	265814,5	
1998	65500	721,41	66221,41	1824	315552	249330,59	
1999	84000	492,06	84492,06	3066	374052	289559,94	
2000	77000	500,4	77500,4	1860	219480	141979,6	
Années avec zai							
1997	11000	224,4	11224,4	961	153760	142535,6	14160
1998	11000	219,9375	11219,9375	1275	195075	183855,0625	99264
1999	11000	168,3	11168,3	1725	207000	195831,7	59400
2000	11000	165,495	11165,495	1800	282600	271434,505	42984
Années sans zai							
1997	5000	224,4	5224,4	835	133600	128375,6	
1998	5000	219,9375	5219,9375	587	89811	84591,0625	
1999	5000	168,3	5168,3	1180	141600	136431,7	
2000	5000	165,495	5165,495	1488	233616	228450,505	

B'-B	actualisation	i initial	VARAN (r=7%)	VARANT	actualisation	VARAN (r=10%)	VARANT
14160	0,934	37000	-23774,56	-23774,56	0,909	-24128,56	-24128,56
99264	0,873	37000	49657,472	25882,912	0,826	44992,064	20863,504
59400	0,816	37000	11470,4	37353,312	0,751	7609,4	28472,904
42984	0,762	37000	-4246,192	33107,12	0,683	-7641,928	20830,976
cp							
50560	0,934	186000	-138776,96	-138776,96	0,909	-140040,96	-140040,96
125598	0,873		109647,054	-29129,906	0,826	103743,948	-36297,012
89548	0,816		73071,168	43941,262	0,751	67250,548	30953,536
105320	0,762		80253,84	124195,102	0,683	71933,56	102887,096

Années avec cordons pierreux	Coût (orga + min+ pest)	semence	Coût production	production	valeur	bénéfices	cp-ncp
1997	83000	625,5	83625,5	2500	400000	316374,5	50560
1998	65500	721,41	66221,41	2550	441150	374928,59	125598
1999	84000	492,06	84492,06	3800	463600	379107,94	89548
2000	77000	500,4	77500,4	3600	424800	347299,6	205320
Années sans cordons pierreux							
1997	83000	625,5	83625,5	2184	349440	265814,5	
1998	65500	721,41	66221,41	1824	315552	249330,59	
1999	84000	492,06	84492,06	3066	374052	289559,94	
2000	77000	500,4	77500,4	1860	219480	141979,6	
Années avec zai							
							zai-nzai
1997	11000	224,4	11224,4	961	153760	142535,6	14160
1998	11000	219,9375	11219,9375	1275	195075	183855,0625	99264
1999	11000	168,3	11168,3	1725	207000	195831,7	59400
2000	11000	165,495	11165,495	1800	282600	271434,505	42984
Années sans zai							
1997	5000	224,4	5224,4	835	133600	128375,6	
1998	5000	219,9375	5219,9375	587	89811	84591,0625	
1999	5000	168,3	5168,3	1180	141600	136431,7	
2000	5000	165,495	5165,495	1488	233616	228450,505	

B'-B	actualisation	i initial	VARAN (r=7%)	VARANt	actualisation	VARAN (r=10%)	VARANt
14160	0,934	37000	-23774,56	-23774,56	0,909	-24128,56	-24128,56
99264	0,873	37000	49657,472	25882,912	0,826	44992,064	20863,504
59400	0,816	37000	11470,4	37353,312	0,751	7609,4	28472,904
42984	0,762	37000	-4246,192	33107,12	0,683	-7641,928	20830,976
cp							
50560	0,934	186000	-138776,96	-138776,96	0,909	-140040,96	-140040,96
125598	0,873	109647,054	-29129,906		0,826	103743,948	-36297,012
89548	0,816	73071,168	43941,262		0,751	67250,548	30953,536
105320	0,762	80253,84	124195,102		0,683	71933,56	102887,096