



**Thèse Présentée
par QUENUM Yves
Bonaventure**

**UNIVERSITE
NATIONALE DE
CÔTE D'IVOIRE**

**Analyse économique de la dégradation
des sols et rentabilité des systèmes
biologiques de conservation sur le
plateau ADJA (Sud-Ouest Bénin)**

21 avril 1995

L 24 JAN. 1996

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
UNION - DISCIPLINE - TRAVAIL

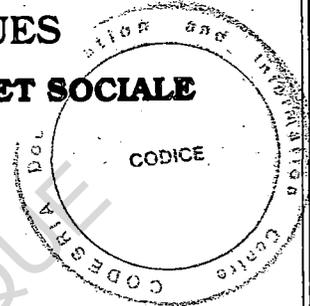
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



FACULTÉ DES SCIENCES ÉCONOMIQUES
CENTRE IVOIRIEN DE RECHERCHE ÉCONOMIQUE ET SOCIALE

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
DOCTORAT DE 3^{ème} CYCLE EN SCIENCES ÉCONOMIQUES
(ÉCONOMIE RURALE)



**ANALYSE ÉCONOMIQUE DE LA DÉGRADATION
DES SOLS ET RENTABILITÉ DES SYSTÈMES
BIOLOGIQUES DE CONSERVATION SUR LE
PLATEAU ADJA.**
(SUD-OUEST BENIN)

soutenue publiquement le 21 avril 1995

par

QUENUM Yves Bonaventure

22 DEC. 1995

Composition du jury :

M. Ake NGBO, Docteur, maître de conférence agrégé, Président du jury
M. Robert DEUSON, ph.D, maître de recherches, Projet CIREs-ACDI-Laval,
M. J. PEGATIENAN, ph.D, maître de conférence, S.G du Programme
M. Dirk PERTHEL, ph.D, maître de recherches au CIREs,
M. Berte KAMA, ph.D, enseignant à l'ENSA, Yamoussoukro.

DEDICACES

A Dieu Créateur,
A tous les paysans du monde entier, artisans et victimes de la dégradation des sols,
A mes parents
A mon ménage en herbe.

CODESRIA BIBLIOTHEQUE

Au nombre des institutions financières qui ont participé à la réalisation de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude:

- à l'Agence Canadienne pour le Développement International (A.C.D.I. : *Projet C.I.R.E.S - A.C.D.I - Laval N° 500/15295*), pour avoir financé toute notre formation, tant sur le plan théorique que sur le plan pratique ;
- au Conseil pour le Développement de la Recherche Economique et Social en Afrique (CODESRIA, Dakar, Sénégal), pour l'appoint financier qu'il nous a fourni à travers son programme de petites subventions pour les mémoires et les thèses ;
- au Katholischer Akademischer Ausländer Dienst (KAAD), pour le financement de la poursuite des travaux de recherche.

REMERCIEMENTS

Cette oeuvre, dont nous assumons l'entière responsabilité, doit sa réalisation à l'assistance morale, physique et financière de nombreuses bonnes volontés. Que celles-ci trouvent en ces mots, l'expression de mes sincères gratitude.

Au nombre des personnes-ressources qui ont collaboré à la confection de ce travail, je tiens à rendre un hommage mérité à :

- M. Robert DEUSON (ph.D), notre directeur de thèse, d'une part, pour sa constante disponibilité, sa rigueur scientifique, ses conseils et critiques constructives sur notre thèse, d'autre part, pour les nombreux contacts et discussions de facilitation du travail de collecte des données au Bénin, notamment avec l'INRAB, le Projet-RAMR, le PGRN, l'IITA, la FAO et le CARDER-Mono. Nous profitons aussi de cette occasion pour le remercier, pour les moyens logistiques dont il nous a fait bénéficier et qui nous a permis d'avancer rapidement dans les analyses économiques et la rédaction de la thèse.

Mes remerciements vont aussi principalement à :

- Monsieur PEGATIENAN Hiey Jacques (ph.D), pour la qualité de sa supervision au cours de la réalisation de ce travail. Nous avons été particulièrement sensible au soutien moral et matériel tangibles qu'il nous a apporté en qualité de Secrétaire Général en exercice du programme de doctorat de 3ème cycle en Economie.
- Monsieur Dirk PERTHEL (ph.D), qui nous a orienté vers le sujet. J'ai été particulièrement sensible à la qualité de sa supervision, et à ses critiques scientifiques, constructives et répétées, notamment au sujet des modèles utilisés dans ce travail.
- Monsieur KAMA Berté (ph.D), à qui nous avons fait appel à la dernière minute, en remplacement de Monsieur Azontondé Anastase, pour critiquer le travail et siéger dans le jury examinateur. Je lui dis merci pour avoir accepté cet appel, en dépit de ses multiples occupations.
- Professeurs LOWENBERG Deboer de l'université de Purdue aux Etats-Unis, AVILLEZ Francisco de l'université de Lisbonne au Portugal, et Docteur DJOGO Amadjé du CIREC pour la qualité de leurs critiques sur la thèse.

- Monsieur AZONTONDE Anastase, diplômé de l'ORSTOM : Chef service conservation du sol au Centre National d'Agro-Pédologie (CE.N.A.P), pour avoir suivi avec nous, sur le terrain, les mesures des paramètres relatives au modèle "universel " de conservation du sol. J'ai été particulièrement sensible à ses conseils et suggestions en la matière.

Je voudrais aussi, par cette occasion, remercier tous les enseignants du programme de doctorat, qui n'ont ménagé aucun effort pour nous enseigner les méthodes d'analyse économique qui relèvent de leurs spécialités .

Au niveau des institutions, nous avons bénéficié de la collaboration de certaines personnes auxquelles nous adressons nos remerciements.

au Centre Ivoirien de Recherche Economique et Social (CIRES) qui nous a fourni un cadre de travail approprié pour notre formation :

Dr. YAO Yao Joseph, Dr. Mody Bakar BARRY (respectivement directeur et directeur-adjoint du CIRES), Dr. NGARESSEUM Deuro, Dr. POKOU Koffi, Dr. NGORAN, Dr. DIOP Abibatou, Dr. ZEHIA Maurice, M. Dramane Bakary, Mlle DIALLO Fatou, M. DIARRA Lancina, Mlle KONAN Justine, M. Assalé KOUAPA, M. KOUASSI, Mlle Hélène ZOUZOU, Mlle TOURE N'clo, M. DOSSO Boulama, M. KONE Mamadou Lamine, Mlle Ester TANO, Mlle AGBO Reine, Mme CISSE Dem et Mme MENAN Rosalie.

au projet : Recherche Appliquée en Milieu Réel (Projet-RAMR) et à l' Institut National de Recherche Agronomique du Bénin (INRAB) :

M. EHOINSOU Marcellin, directeur de l'INRAB ; Ir. AGBAHUNGBA Georges, M. Fagbémiro Zacharie, Ir. KOUDOKPON Valentin, Ir. ADEGBOLA Patrice, Ir. AMADJI Firmin, Ir. GBEGO Isidore, M. BANKOLE Camille, M. Bernadin DOKOUI, M. Valentin TOHOUN, M. KPANOU D., Ir. GOGAN Arnaud, Ir. DAGBENOMBAKIN Gustave.

au Ministère du développement rural du Bénin et en particulier au CARDER-Mono :

M. AHOANSOU Théodore (Directeur Général du CARDER-Mono), Ir. BIAOU, M. EDJAYE Jean-Baptiste, M. Marc AïHOUNHIN, Ir. NOUMONVI Maurice.

à l'IITA / Ibadan et Bénin : M. ADEYOMOYE J. I. (principal librarian / Ibadan), M. Jean TONYE (AFNETA / Ibadan), M. Mark VERSTEEG (Chef unité de transfert de technologie/Bénin), Ir. ETEKA Albert (Chef-adjoint unité de transfert de technologie/Bénin).

à la FAO / Bénin : Dr. Hédi HADRI (conseiller technique principal du projet PNUD / FAO / BEN / 91 / 005 relatif au secteur forestier).

au Projet Gestion des Ressources Naturelles (PGRN) : Dr. Joseph SABET (expert en aménagement des bassins versants), Ir. Pascal DJOHOSSOU (Ir. aménagiste).

En outre, mes remerciements vont à l'endroit des personnes suivantes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la confection de ce travail.

- ▶ Mlle CODJIA Eliane ;
- ▶ Dr. FANOU Louis, Dr. AHOHOUNKPANZOUN Michel, Dr. BIAOU Gauthier, Dr. BIAOU Félix et HOUNDEKON Victorin ;
- ▶ Ir. DANDJINOUB Tiburce ;
- ▶ M. ADJAHATODE Sébastien, sous-préfet d'Aplahoué ;
- ▶ da TRINIDADE Médard ;
- ▶ MM. KOUCHI Vlavo, DAGBEVO Daniel, AKPO Jean, mes enquêteurs, M. mes collègues étudiants-docteurs du programme de doctorat ;
- ▶ Et tous ceux dont les noms ne figurent pas sur la présente liste.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	iii
TABLEAUX	xii
FIGURES	xvi
ABREVIATIONS ET ACRONYMES	xix
RESUME	xxi
1- INTRODUCTION GENERALE	1
1.1 Problème	2
1.1.1 Bref aperçu du département du Mono	2
1.1.2 La dégradation des ressources naturelles dans le département du Mono	5
1.1.3 Etat du sol et ampleur du problème	7
1.2 Revue de littérature	9
1.2.1 Epuisement de la fertilité des sols	9
1.2.2 Les pratiques traditionnelles de conservation des sols au Bénin et en Afrique	10
1.2.3 Activités de recherche sur les méthodes de conservation des sols au Bénin et en Afrique	12
1.2.4 Quelques résultats empiriques	13
1.2.5 Avantages agronomiques des légumineuses dans les systèmes des paillis vivants et de cultures en couloirs	16
1.2.6 Avantages économiques des légumineuses dans les systèmes de paillis vivants et de cultures en couloirs	18
1.2.7 Facteurs socio-économiques et institutionnels affectant les décisions d'adoption des pratiques de préservation des sols	20
2 OBJECTIFS, HYPOTHESES ET METHODES	24
2.1 Objectifs	24
2.2 Hypothèses de recherche	26
2.3 Les outils d'analyse	26
2.4 Méthodes d'enquête	28
2.4.1 Procédure adoptée et choix des sites	28
2.4.2 Echantillonnage, collecte et exécution de l'enquête	29
2.4.2.1 Echantillonnage	29
2.4.2.2 Collecte de données et exécution de l'enquête	30
2.4.3 Activités et quantification des données collectées	31
2.4.3.1 Choix de l'activité	31
2.4.3.2 Données collectées	32
2.4.3.3 Quantification des données collectées	34
2.4.4 Description de l'expérimentation sur la conservation du sol	38
2.4.5 Esquisse du dispositif d'expérimentation en milieu réel paysan et présentation des systèmes de cultures	39
2.4.6 Définition de quelques concepts utilisés dans le document	41

moyenne	88
4.2.4 La technologie à base de jachère mucuna et la technologie traditionnelle sur les sols ferrugineux infestés par le chiendent "impérata cylindrica"	91
4.3 Les résultats statistiques ajustés par simulation à la conservation du sol	95
4.3.1 L'estimation du rendement par simulation de la pluviosité	95
4.3.2 La technologie de jachère à base du mucuna et la technologie traditionnelle témoin sur sols ferralitiques médiocres.	97
4.3.3 La technologie de jachère à base de l'acacia, et la technologie traditionnelle témoin sur les sols ferralitiques médiocres	99
4.3.4 La technologie de culture en couloir à base de leuceana et du gliricidia, et la technologie traditionnelle témoin sur les sols ferralitiques à fertilité moyenne	101
4.4 Les résultats statistiques : limites	103
4.5 Présentation générale des budgets de culture de maïs associés aux systèmes de conservation	106
4.6 Analyse des revenus et des caractéristiques de risque dans le système mucuna et le système traditionnel sur les sols ferralitiques médiocres	108
4.6.1 Les budgets de maïs avec et sans système mucuna	108
4.6.2 L'analyse marginale et l'analyse du risque entre le système mucuna et le système traditionnel	109
4.6.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginale engendrés par le système avec mucuna par rapport au système sans mucuna	109
4.6.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans le système avec et sans mucuna	110
4.6.2.3 L'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans mucuna	114
4.6.2.4 L'analyse des caractéristiques de risque de production du système mucuna par rapport au système traditionnel sur le plateau Adja	116
4.7 Analyse des revenus et des caractéristiques de risque dans le système Acacia et le système traditionnel, sur les sols ferralitiques médiocres du village de Zouzouvou	118
4.7.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système acacia	118
4.7.2 L'analyse marginale et l'analyse du risque entre le système acacia et le système traditionnel	119
4.7.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginale engendrés par le système acacia par rapport au système traditionnel	119
4.7.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans acacia	121
4.7.2.3 L'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans acacia	124
4.7.2.4 L'analyse des caractéristiques de risque de production du système acacia par rapport au système traditionnel sur le plateau Adja	126
4.8 Analyse des revenus et des caractéristiques de risque dans les systèmes de culture en couloir, à haies de leucaena & gliricidia, et le système	

3 ANALYSE DESCRIPTIVE DES CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION

AGRICOLE	43
3.1 Travaux antérieurs	43
3.2 Résultats des analyses	44
3.2.1 Caractéristiques de la population étudiée	44
3.2.1.1 Répartition par sexe et par âge	44
3.2.1.2 Statut de la population	48
3.2.1.3 Niveau d'instruction	48
3.2.2 Les caractéristiques du ménage paysan	49
3.2.3 Les caractéristiques de l'exploitation	51
3.2.3.1 La taille de l'exploitation	51
3.2.3.2 Le morcellement de l'exploitation agricole et l'éloignement des champs	52
3.2.3.3 La topographie des parcelles	54
3.2.3.4 Les techniques de production	56
3.2.4 Le mode de faire-valoir de la terre et investissement agricole	56
3.2.4.1 La contribution des différents types de main-d'oeuvre au travail agricole	58
3.2.4.2 Investissement et crédit agricole au cours des cinq dernières années	60
3.2.5 Caractéristiques de la campagne étudiée	62
3.2.5.1 Les caractéristiques naturelles	62
3.2.5.2 Les caractéristiques économiques	63
4 ANALYSE DE RENTABILITE A COURT ET A MOYEN TERME DES SYSTEMES DE CONSERVATION DU SOL	65
4.1 Le fondement théorique du modèle de budgétisation et la procédure d'estimation	65
4.1.1 Le fondement théorique du modèle de budgétisation	66
4.1.2 Rappel de l'objectif poursuivi dans ce chapitre	67
4.1.3 Les aspects statistiques	68
4.1.4 Aspects économiques de la budgétisation et structure du modèle	72
4.1.4.1 L'estimation des prix et des coûts	72
4.1.4.2 La structure des équations d'analyse des marges de profit	76
4.1.4.3 L'analyse des avantages dominants	79
4.1.5 Les aspects du risque : la procédure de l'analyse de dominance stochastique et le test de Kolmogorov-Smirnov	80
4.1.5.1 L'analyse de dominance stochastique	80
4.1.5.2 La procédure d'estimation des répartitions cumulatives	81
4.1.5.3 Les avantages et inconvénients de la méthode	82
4.1.5.4 Le test de Kolmogorov-Smirnov à 2 échantillons	83
4.2 Les résultats statistiques de la campagnes agricole observée (1993-1994) et leur interprétation agronomique	84
4.2.1 La technologie de jachère à base du mucuna et la technologie traditionnelle témoin sur sols ferrallitiques médiocres	84
4.2.2 La technologie de jachère à base de l'acacia et la technologie traditionnelle témoin sur sols ferrallitiques médiocres.	86
4.2.3 La technologie de culture en couloirs à haies leuceana et de gliricidia, et la technologie traditionnelle témoin sur les sols ferrallitiques à fertilité	

traditionnel sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou _____	128
4.8.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia _____	128
4.8.2 L'analyse marginale et l'analyse du risque entre le système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia et le système traditionnel _____	130
4.8.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginal engendrés par le système avec culture en couloir par rapport au système sans culture en couloir _____	130
4.8.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans culture en couloir _____	131
4.8.2.3 L'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans culture en couloir _____	135
4.8.2.4 L'analyse des caractéristique de risque de production du système de culture en couloir par rapport au système traditionnel _____	136
4.9 Analyse des revenus dans le système mucuna et le système traditionnel sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata _____	139
4.9.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système mucuna _____	139
4.9.2 L'analyse marginale entre le système mucuna et le système traditionnel sur les sols ferrugineux infestés par l'impérata _____	140
4.9.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginal engendrés par le système avec mucuna par rapport au système sans acacia sur les sols ferrugineux infestés par l'impérata _____	140
4.9.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrugineux infestés par l'impérata _____	141
4.9.2.3 Analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata _____	145
4.10 Conclusion partielle _____	145
5 ESTIMATION DU NIVEAU DE DEGRADATION DU SOL ET ANALYSE DE RENTABILITE A LONG TERME DES SYSTEMES DE CONSERVATION _____	151
5.1 Le fondement conceptuel et théorique _____	151
5.1.1 Concept de dégradation _____	151
5.1.2 Quantification du taux de dégradation des sols _____	152
5.2 Approches méthodologiques _____	156
5.2.1 Détermination des taux de dégradation et des rendements associés _____	156
5.2.2 Le modèle d'analyse coûts-avantages _____	157
5.2.3 Quantification et collecte des données _____	160
5.2.3.1 Paramètre du modèle USLE _____	161
5.2.3.2 Prix et taux d'actualisation _____	166
5.2.4 Procédure d'analyse _____	168
5.2.5 De l'analyse financière à l'analyse économique _____	168
5.3 La détermination de la relation entre les pratiques agricoles et la dégradation du sol : résultats et discussions _____	170
5.3.1 Résultats et discussions _____	170
5.4 La détermination de la relation entre la dégradation physique du sol et les	

pertes de rendements qui en résulte : résultats , analyse et discussions	173
5.5 L'analyse coûts-avantages du système mucuna par rapport au système traditionnel sur les sols ferrallitiques médiocres : résultats , analyse de sensibilité et discussion	177
5.6 L'analyse coûts-avantages du système acacia par rapport au système traditionnel sur les sols ferrallitiques médiocres : résultats , analyse de sensibilité et discussion	180
5.7 L'analyse coûts-avantages du système de culture en couloir à base du leucaena et du gliricidia par rapport au système traditionnel sur les sols ferrallitiques moyens : résultats , analyse de sensibilité et discussion	187
5.8 Conclusion partielle	193
6 CONCLUSION GENERALE ET IMPLICATIONS EN TERME DE POLITIQUES DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE	195
6.1 Rappel et vérification des objectifs poursuivis	195
6.2 La conclusion générale	196
6.2.1 Le système traditionnel	196
6.2.2 Les systèmes de jachère améliorée et leur rapport avec le système traditionnel	197
6.2.2.1 Le système mucuna	197
6.2.2.2 Le système acacia	198
6.2.2.3 Le système de culture en couloir	198
6.3 Recommandation générale	199
6.4 Implications en terme de politiques de développement	200
6.4.1 Politiques des prix	200
6.4.2 Priorité en matière de politiques de développement rural	202
6.4.3 Politiques de promotion de la femme	202
6.4.4 Politiques d'incitation à la production des pépinières d'acacia, de leucaena et de gliricidia par le paysan	203
6.4.5 Politique en direction de la planification familiale	203
6.5 Suggestions en terme de priorités de recherches de d'actions pour l'avenir	203
REFERENCES	206
ANNEXES	215

TABLEAUX

Tableau 1.1 : Expérimentations sur les techniques de conservation des sols par les institutions de recherche en Afrique	13
Tableau 1.2 : Effet des pratiques bon marché de conservation des sols sur l'érosion et le rendement agricole	16
Tableau 2.1 : Equivalent-producteur	35
Tableau 3.1 : Statut de la population (%) par village et par sexe	48
Tableau 3.2 : Niveau d'instruction de la population (%) par village et par sexe	49
Tableau 3.3 : Caractéristiques du ménage paysan à Zouzouvou	50
Tableau 3.4 : Caractéristiques du ménage paysan à Eglime	50
Tableau 3.5 : Répartition (%) des exploitations en fonction de leurs tailles.	51
Tableau 3.6 : Morcellement de l'exploitation agricole à Eglimé	52
Tableau 3.7 : Morcellement de l'exploitation agricole à Zouzouvou	53
Tableau 3.8 : Eloignement des champs	53
Tableau 3.9 : Topographie des parcelles dans les villages	54
Tableau 3.10 : Pourcentages des terres dans les rotation à base du maïs	55
Tableau 3.11 : Répartition (%) de l'exploitation agricole par mode de faire valoir des terres	58
Tableau 3.12 : Contribution (%) des différentes catégories de main d'oeuvre au travail agricole	59
Tableau 4.1 : Matrice des coefficients des contrastes analysés	70
Tableau 4.2 : Définition des groupes de parcelles analysés pour chaque technologie "i" et son témoin "O"	68
Tableau 4.3 : Estimation du coût espéré de la semence du maïs	73
Tableau 4.4 : Estimation du prix espéré au producteur du maïs	73
Tableau 4.5 : Valorisation de l'homme-heure de travail et taux de rémunération du capital dans les principales opportunités d'activités dans le milieu rural	75
Tableau 4.6 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 8 traitements faits dans des blocs avec et sans système mucuna sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvou (1)	85
Tableau 4.7 : Signification statique des niveaux additionnels de rendements et de marges nettes entre les traitements homologues des blocs, avec (T1i) et sans Toi) système mucuna, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (rendements, marges nettes et temps de travaux) (1)	86
Tableau 4.8 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 8 traitements fait dans des	

blocs avec et sans systèmes acacia sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou (1) _____ 87

Tableau 4. 9 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements, de marges nettes et de temps de travaux agricoles entre les traitements homologues des blocs avec et (T2i) et sans (Toi) système acacia, par test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux) (1) _____ 88

Tableau 4.10 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferralitiques moyens du village de Zouzouvou __ 90

Tableau 4.11 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements, de marges nettes et de temps de travaux agricoles entre les traitements homologues des blocs, avec (T3i) et sans (Toi) système de culture en couloir à base des haies de leucaena et de gliricidia, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux) (1) _____ 91

Tableau 4.12 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 4 traitements faits dans les blocs avec et sans système mucuna sur les sols ferrugineux d'Eglime colonisés par l'impérata (1) _____ 93

Tableau 4.13 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements, de marges nettes et de temps de travaux agricoles entre les traitements homologues des blocs, avec (T4i) et sans (Toi) système mucuna, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux) (1) _____ 94

Tableau 4.14 : Analyse de variance des revenus bruts, des marges nettes et des coûts de production au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système mucuna sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou (2) _____ 98

Tableau 4.15 : Signification statistique des niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production entre les traitements homologues des blocs, avec (T1i) et sans (Toi) système acacia, par le test de Student appliqué à des contrastes (de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production) (2) _____ 99

Tableau 4.16 : Analyse de variance des revenus bruts, des marges nettes et des coûts de production au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système acacia sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou (2) _____ 100

Tableau 4.17 : Signification statistique des niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production entre les traitements homologues des blocs, avec (T2i) et sans (TOi) système acacia, par le test de Student appliqué à des contrastes (de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production) (2) _____ 101

Tableau 4.18 : Analyse de variance des revenus bruts, des marges nettes et des coûts de production au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferralitiques moyens de Zouzouvou (2)	102
Tableau 4.19 : Signification statistique des niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coût de production entre les traitements homologues des blocs, avec (T3i) et sans (TOi) système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia, par test de Student appliqué à des contrastes (de revenus bruts, de marges nettes et de coûts totaux) (2)	103
Tableau 4.20 : Comparaison de la valorisation (F CFA/homme - jour) de la main d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou, entre les systèmes avec et sans mucuna	109
Tableau 4.21 : Présentation des résultats (F CFA/Ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés aux systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferralitiques médiocres du village de Zouzouvou	110
Tableau 4.22 : Analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec (T1i) et sans (TOi) mucuna sur les sols ferralitiques médiocres du village de Zouzouvou sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production	115
Tableau 4.23 : Présentation des résultats du test de Kolmogorov-Smirnov appliqué aux répartitions cumulatives du système mucuna et son témoin sur le plateau Adja	118
Tableau 4.24 : Comparaison de la valorisation (F CFA/homme - jour) de la main d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferralitiques médiocres du village de Zouzouvou, entre les systèmes avec et sans acacia	119
Tableau 4.25 : Présentation résultats (F CFA/Ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés aux systèmes avec et sans acacia sur les sols ferralitiques médiocres du village de Zouzouvou	120
Tableau 4.26 : Présentation des résultats de l'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec (T2i) et sans (TOi) acacia, sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou, sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production	125
Tableau 4.27 : Présentation des résultats du test de Kolmogorov-Smirnov appliqué aux répartitions cumulatives du système acacia et son témoin sur le plateau Aja	128
Tableau 4.28 : Valorisation (F CFA/homme - heure) de la main d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferralitiques moyens, entre les systèmes avec et sans couloir de leucaena/gliricidia	129

Tableau 4.29 : Présentaion des résultats (F CFA/Ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés au système avec et sans culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferralitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou	131
Tableau 4.30 : Présentation des résultats de l'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans culture en couloir sur les sols ferralitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production	136
Tableau 4.31 : Présentation des résultats du test de Kolmogorov-Smimov appliqué aux répartitions cumulatives du système de culture en couloir et son témoin sur le plateau Adja	137
Tableau 4.32 : Comparaison de la valorisation (F CFA/homme - jour) de la main-d'oeuvre familiale, selon les systèmes avec et sans mucuna. (village d'Eglime)	140
Tableau 4.33 : Présentation des résultats (F CFA /Ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés aux systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrugineux infestés par l'imperata du village d'Eglime	141
Tableau 4.34 : Présentation des résultats (F CFA/Ha) de l'analyse de sensibilité des sols ferrugineux envahis par l'imperata dans l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production. Village d'Eglime)	145
Tableau 5.1 : Quelques valeurs de (K) sur la terre de barre au Sud-Ouest du Bénin	163
Tableau 5.2 : Quelques valeurs d'indices du couvert végétal mesurés au Sud-Bénin sous une pluviométrie annuelle de 1250 mm	165
Tableau 5.3 : Quelques valeurs de l'indice des pratiques anti-érosives courantes	166
Tableau 5.4 Relation entre les pratiques traditionnelles et la dégradation du sol (1)	171
Tableau 5.5 : Relation entre les pratiques traditionnelles et la dégradation du sol (2)	172
Tableau 5.6 : Relation rendements du maïs - niveaux cumulatifs de dégradation du sol (variable dépendante : rendements du maïs en Kg/Ha/an , variable indépendante : taux cumulatifs de la dégradation en Kg/Ha/an du sol. Fonction linéaire	176
Tableau 5.7 : La valeur actuelle nette (V.A.N) des marges de revenus additionnel entre le système mucuna et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans	179
Tableau 5.8 : La valeur actuelle nette (V.A.N) des marges de revenus additionnel entre le système acacia et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans	182

- Tableau 5.9 : Le taux de rentabilité interne (T.R.I) des marges de revenu additionnel entre le système acacia et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans _____ 183
- Tableau 5.10 : Le ratio avantages nets/investissement (R.A.N) des marges de revenu additionnel entre le système acacia et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans _____ 184
- Tableau 5.111 : Transfert net de revenu agricole, du ménage-exploitant à la generation future, pour la pratique du système acacia en franc CFA par hectare sur dix ans _____ 186
- Tableau 5.12 : La valeur actuelle nette (V.A.N) des marges de revenu additionnel entre le système de cultures en couloir et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans _____ 189
- Tableau 5.13 : Le taux de rentabilité interne (T.R.I) des marges de revenu additionnel entre le système de cultures en couloir et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans _____ 190
- Tableau 5.14 : Le ratio avantages nets/investissement (R.A.N) des marges de revenu financier additionnel entre le système de cultures en couloir et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans _____ 191

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

FIGURES

- Figure 1 : Tendence à la baisse des rendements du maïs sur un échantillon de parcelles depuis la première année d'exploitaion après jachère jusqu'à la huitième année _____ 4
- Figure 2 : Répartition de la population par âge et par sexe. Village Zouzouvou. __ 46
- Figure 3 : Répartition de la population par âge et par sexe. Village d'Eglime ____ 47
- Figure 4 : Tendence des prix au producteur et au consommateur (1986-1993). __ 64
- Figure 5 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T1i) et sans (TOi) jachère acacia sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou. Hypothèse : coûts main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés 112
- Figure 6 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T1i) et sans (TOi) jachère mucuna sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou. Hypothèse : coûts main-d'oeuvre familiale calculés _____ 113
- Figure 7 : Courbes cumulatives des niveaux du risque de production entre la technologie à base de la jachère mucuna et la pratique traditionnelle sans mucuna servant de témoin _____ 117
- Figure 8 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T2i) et sans (Toi) jachère acacia sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés 122
- Figure 9 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T2i) et sans (Toi) jachère acacia sur les sols ferralitiques médiocres de Zouzouvou. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont calculés ____ 123
- Figure 10 : Courbes cumulatives des niveaux du risque de production entre la technologie à base de la jachère acacia et la pratique traditionnelle sans acacia servant de témoin _____ 127
- Figure 11 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T3i) et sans (Toi) couloirs à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferralitiques de Zouzouvou. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés _____ 133
- Figure 12 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T3i) et sans (Toi) couloirs à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferralitiques de Zouzouvou. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont calculés _____ 134
- Figure 13 : Courbes cumulatives des niveaux du risque de production entre la technologie des couloirs et la pratique traditionnelle sans couloir servant de témoin _____ 138
- Figure 14 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T4i) mucuna et sans (Toi) mucuna sur les sols ferugineux envahis par l'impérata du village d'Eglimé. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés _____ 143
- Figure 15 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T4i) mucuna et sans mucuna (TOi) sur les sols ferugineux envahis par

l'impérata du village d'Eglime. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont calculés _____ 144

Figure 16 : Courbes cumulatives des niveaux du risque de production entre les systèmes mucuna, acacia, couloirs et la pratique traditionnelle. Plateau Adja (1990 à 1993) _____ 147

Figure 17 : Evolution comparée du niveau de dégradation du sol et du rendement du maïs résultant de l'hypothèse de persistance dans le temps des pratiques traditionnelles sur les sols ferrallitiques médiocres _____ 174

Figure 18 : Evolution comparée du niveau de dégradation du sol et du rendement du maïs résultant de l'hypothèse de persistance dans le temps des pratiques traditionnelles sur les sols ferrallitiques moyens _____ 175

Figure 19 : Evolution de la valeur actuelle nette avec et sans système mucuna _ 178

Figure 20 : Evolution de la valeur actuelle nette avec et sans système acacia __ 181

Figure 21 : Evolution de la valeur actuelle nette avec et sans système de culture en couloir à haie de leucaena et de gliricidia _____ 188

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ANNEXES

- I. Présentation des budgets de production
- II. Présentation de l'analyse des avantages dominants
- III. Dominance stochastique et test de Kolmogorov-Smirnov
- IV. Répartition par âge et par sexe de la population
- V. Présentation des résultats : analyses de variance et contrastes
- VI. Présentation des résultats relatifs à la dégradation du sol
- VII. Présentation de quelques résultats bruts de l'analyse coûts/avantages
- VIII. Présentation de tableaux généraux

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

A.S.S	:	Afrique subsaharienne.
CARDER	:	Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural. (Bénin).
CLCAM	:	Caisse Locale de Crédit Agricole et Mutuel
CENAP	:	CEntre National d'Agro-Pédologie.(Bénin).
CIMMYT	:	Centre international d'amélioration du maïs et du blé. (Mexique)
Codel inc.	:	Programme pour l'environnement et le développement.(New-York, USA)
DRA	:	Direction de la Recherche Agronomique.
ECP	:	Projet de Contrôle de l'Erosion. (Rwanda).
FAO	:	Food and Agriculture Organisation.
FSA	:	Faculté des Sciences Agronomiques. (Bénin).
GTZ	:	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.(Allemagne). "Agence allemande pour la coopération technique."
ICRAF	:	International Council for Research in Agroforestry. (Kenya).
IITA	:	International Institution of Tropical Agriculture.(Nigéria).
INRAB	:	Institut National de Recherche Agronomique du Bénin.
INSAE	:	Institut National de Statistique et d'Analyse Economique (Bénin).
IPD	:	Institut Panafricain pour le Développement. (Burkina-Faso).
IRHO	:	Institut de Recherche sur les Huiles et les Oléagineux. (Bénin).
IRUG	:	Institut de Recherche Agricole de l'Université de Göttingen. (Allemagne).
IRUH	:	Institut de Recherche Agricole de l'Université de Hohenheim. (Allemagne).
KIT	:	Institut Royal des Tropiques
MDR	:	Ministère du Développement Rural . (Bénin).
NH2	:	Niaouli Hybride 2 : variété hybride de maïs. (Bénin)
PGRN	:	Projet Gestion des Ressources Naturelles.(Bénin)
pH	:	Indicateur de l'acidité du sol.
PNUD	:	Programme des Nations Unis pour le Développement.
O.N.C	:	Office National de Céréales.(Bénin).
ORSTOM	:	Organisation de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer.
RAMR	:	projet de Recherche Appliquée en Milieu Rurale.(Bénin).
RANI	:	Ratio Avantages Nets / Coûts.
TRI	:	Taux de Rentabilité Interne.
TRM	:	Taux de Rentabilité Marginale
USLE	:	Universal Soil Loss Equation.
VAN	:	Valeur Actuelle Nette.
K	:	potassium
N	:	azote
P	:	phosphore
NPK _{14/23/14}	:	Engrais minéral commercial contenant 14% d'azote (N), 23% de phosphore (P) et 14% de potassium et des adjuvants..

kg	:	kilogramme
t	:	tonne métrique (1 t = 1000 kg)
m	:	mètre
cm	:	centimètre (10^{-2} m)
mm	:	millimètre (10^{-3} m)
m ²	:	mètre carré
ha	:	hectare (1 ha = 10.000 m ²)
fcfa	:	franc de la communauté financière d'Afrique (1 \$us valait approximativement 300 fcfa en 1993 et 550 fcfa à partir de Janvier 1994)
\$us	:	dollar des Etats-Unis d'Amérique.
R ²	:	coefficient de détermination
Mj	:	unité d'énergie (10^6 joule)
h	:	heure
add	:	additionnel
Pied	:	0,304306 mètre

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

RESUME

Le but de cette étude est d'analyser l'impact financier, économique et stochastique de l'introduction des jachères améliorées de mucuna (*Mucuna pruriens* var. *utilis*), d'acacia (*Acacia auriculiformis*) et de culture en couloir à haies de leucaena (*Leucaena leucocephala*) et de gliricidia (*Gliricidia sepium*) dans le système de production agricole traditionnel basé sur la jachère à palmier dans la province du Mono au Bénin. Cette étude évalue la rentabilité à court et à long termes des systèmes de culture à base de jachère améliorée par rapport au système traditionnel servant de témoin. Elle permet aussi d'estimer la relation entre la dégradation de la fertilité du sol, les activités agricoles et les rendements du maïs. Enfin, les risques liés à la production sont évalués par l'analyse de dominance stochastique et par différents scénarios elle a approché les aspects du risque par l'analyse de dominance stochastique à caractère non paramétrique et par différents scénarios d'analyse de sensibilité basée sur des changements opérés dans les prix du maïs et les coûts des facteurs.

Les systèmes à base de jachère améliorée qui restaurent et conservent le sol ont fait l'objet d'essais expérimentés en autant de répétitions que de paysans échantillonnés. Deux blocs à quatre parcelles sont considérés par répétition ; l'un avec jachère améliorée et l'autre sans jachère améliorée pris à témoin. Les parcelles varient en fonction de la variété de maïs (locale ou hybride) et l'application ou non d'engrais NPK_{14/23/14}. Chaque répétition est implantée sur des sols ayant un passé cultural identique. Les répétitions portant sur les jachères à base de *mucuna* ou d'*acacia* sont expérimentées sur des sols médiocres et celles basées sur la culture en couloir sur des sols à fertilité moyenne.

Les objectifs spécifiques poursuivis par l'étude sont :

- ▶ comparer la rentabilité financière des exploitations agricoles, dans le court terme

en utilisant les techniques traditionnelles de conservation des sols avec celle des exploitations agricoles sur lesquelles les techniques améliorées ont été introduites;

- ▶ quantifier les taux de dégradation des sols et les pertes de rendement qui en résultent dans le système agro-forestier Adja et les systèmes améliorés de gestion des sols ;
- ▶ déterminer les avantages financiers et économiques supplémentaires nets pouvant être attribués, dans le long terme, aux nouvelles pratiques (système à base de jachère *mucuna*, *acacia* ou de culture en couloirs);
- ▶ évaluer les caractéristiques des risques de production et la sensibilité des résultats financiers et économiques suite à des variations dans les prix du maïs et des intrants.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse statistique ont montré que le rendement et le revenu net dégagés dans les systèmes de jachère améliorée sont significativement meilleurs à ceux réalisés dans le système traditionnel.

Les résultats obtenus de l'analyse basée sur les modèles U.S.L.E (*Universal Soil Loss Equation*) et sur la régression linéaire, montrent que la production de la céréale de base qu'est le maïs ne serait plus possible d'ici l'an 2009 sur les sols à fertilité médiocre si la pratique traditionnelle persistait, eu égard au taux de dégradation annuel du sol estimé à 5 tonnes / ha soit une perte moyenne de 0,3 mm par an. En revanche, avec les pratiques de jachères améliorées le taux de dégradation tend vers zéro, les rendements de maïs augmentent 3 à 5 fois, et se maintiennent par l'effet synergique d'une rotation culturale cohérente (maïs-niébé ou arachide-manioc).

Les résultats de l'analyse des avantages dominants et de l'analyse marginale (Perrin et al, 1976) ont montré qu'à court terme, les systèmes de jachère améliorée sont plus rentables que la pratique traditionnelle. Les traitements dominants sont ceux basés sur la variété hybride du maïs et l'application de l'engrais NPK_{14/23/14} dans les blocs de jachère *mucuna* ou *acacia* en milieu paysan. En outre, le taux marginal de

rentabilité des capitaux investis dans ces traitements est plus élevée que celui des investissements dans les principales activités extra-agricoles que peuvent pratiquer les agriculteurs.

L'analyse de dominance stochastique a montré que les systèmes fondés sur les jachères *mucuna* et *acacia* comportent moins de risques de production que la pratique traditionnelle. Ils peuvent être adoptés même par les paysans qui ont de l'aversion pour le risque contrairement au système de culture en couloir plus risqué que la pratique traditionnelle.

L'analyse coûts - avantages des marges nettes supplémentaires des systèmes de jachère améliorée en contraste au système traditionnel pris à témoin a donné les résultats suivants :

1. Le système mucuna

Les résultats sur un horizon temporel de dix ans montrent une valeur actuelle nette (VAN) confortablement positive et très peu sensible aux variations des prix du maïs et des intrants. La caractéristique fondamentale de cet investissement est l'absence de flux de trésorerie positif ; la récupération du capital investi par an a lieu sans délai avec une marge substantielle d'avantages financiers et économiques.

2. Le système acacia

Les résultats montrent une VAN positive et un taux de rentabilité interne (TRI) moyen de 45% fluctuant de 13 à 50% parallèlement aux variations dans les prix des intrants et celui du maïs. Le capital investi est récupéré après trois ans c'est-à-dire immédiatement après la jachère, dès la première année d'exploitation.

3. Le système de culture en couloir

Les résultats montrent une VAN financière négative et un TRI moyen de 4% pouvant varier de 1 à 36 %. Le coût de plantation est le principal facteur qui influence le niveau de rentabilité. Ainsi, seul une stratégie visant à réduire ce coût peut rentabiliser financièrement ce système. Toutefois, du fait que les avantages intangibles surpassent largement les charges intangibles, nous estimons que ce système est économiquement rentable.

Enfin sur le plan de la concordance de ces divers technologies de jachère améliorée avec les modes de faire-valoir en vigueur dans la région d'étude, on trouve que le système à base du *mucuna* peut s'associer à toutes les formes de tenure foncière alors que les systèmes à base d'acacia et de culture en couloir concordent seulement avec les formes directes de tenure foncière.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

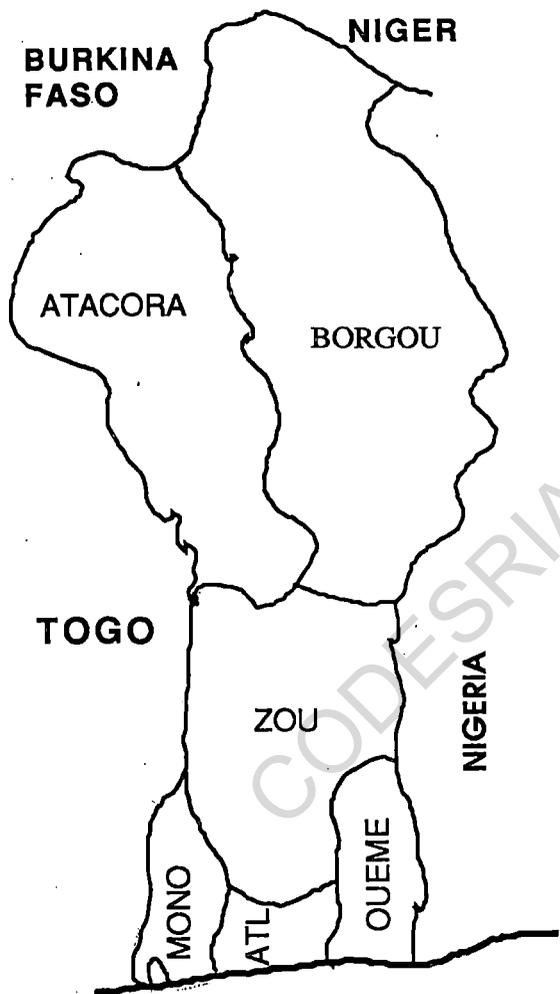


AFRIQUE

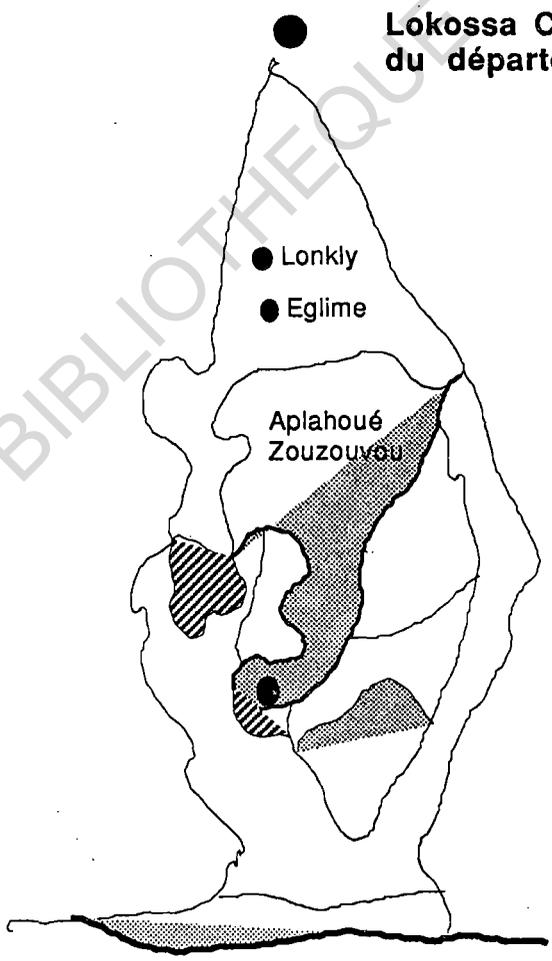
Zone agro-ecologique

-  Savane
-  Plateaux
-  Dépression
-  Zone fluvio-lacustre
-  Zone côtière

● Lokossa Chef lieu du département



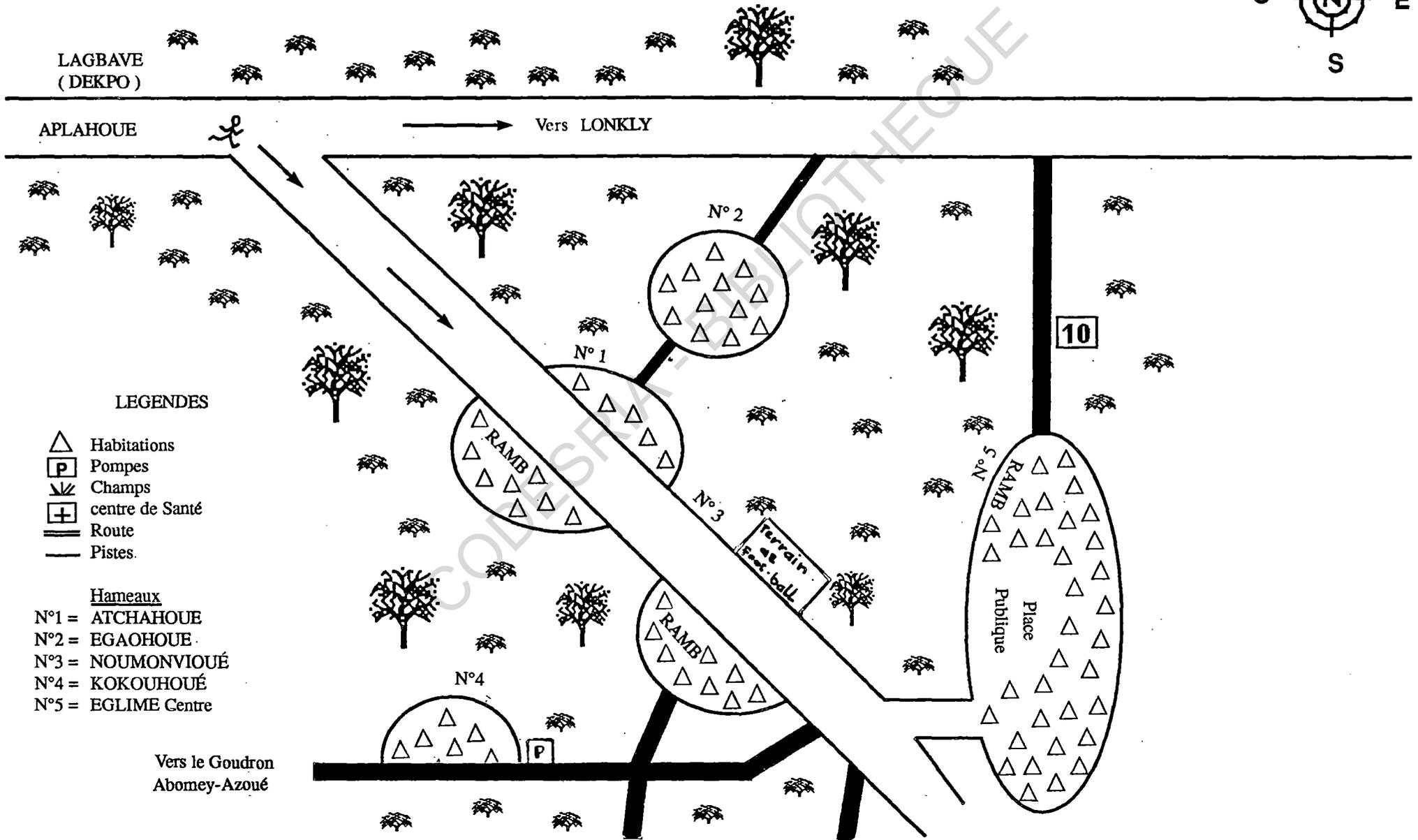
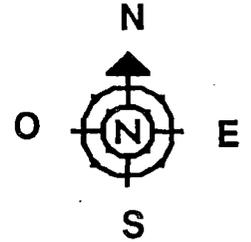
OCEAN ATLANTIQUE
BENIN



MONO

SITUATION DU SITE D'EGLIME PAR RAPPORT À LA SOUS-PREFECTURE D'APLAHOUE DANS LA REGION D'ETUDE

ORIENTATION



LEGENDES

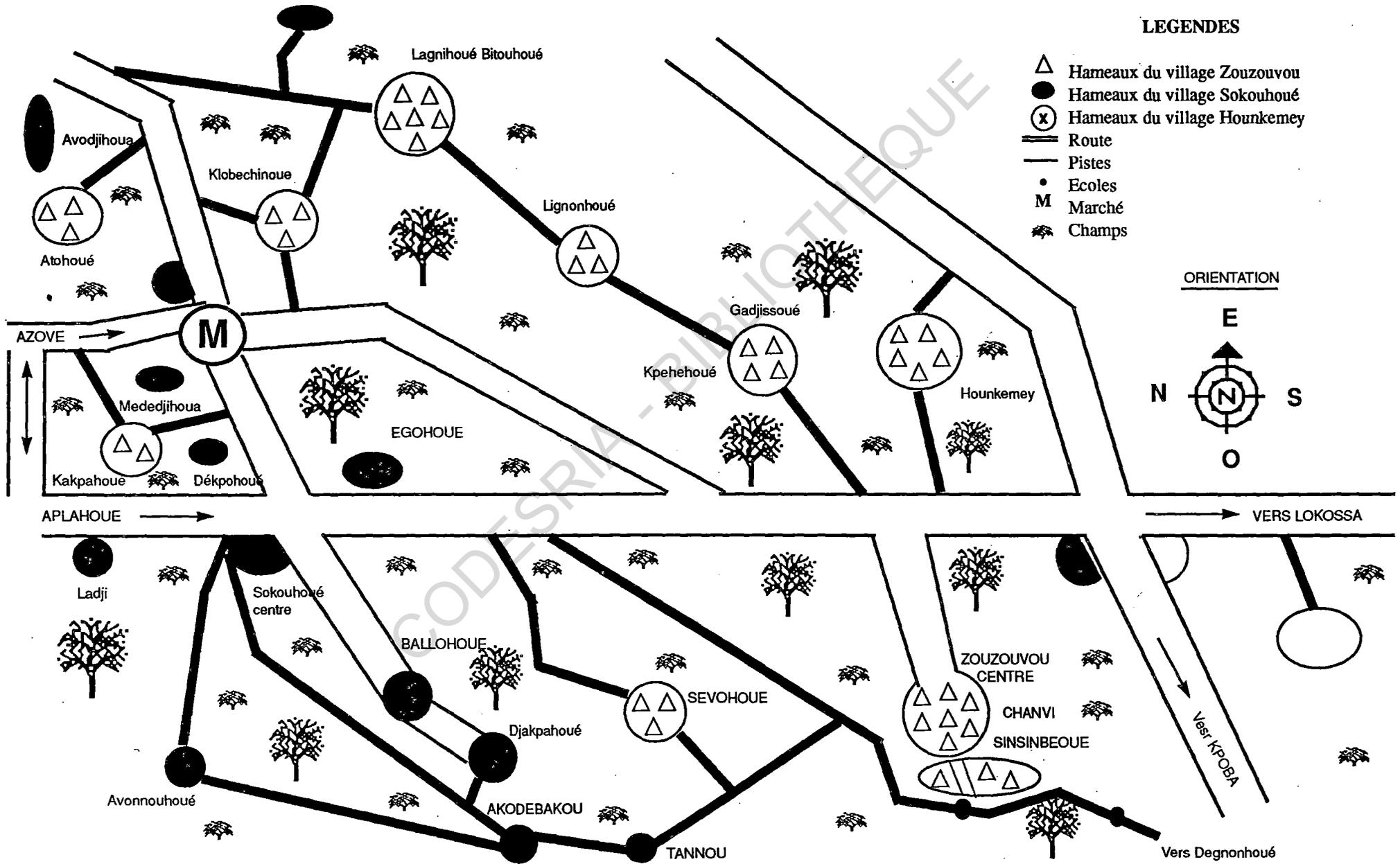
- Habitations
- Pompes
- Champs
- centre de Santé
- Route
- Pistes.

Hameaux

- N°1 = ATCHAHOUÉ
- N°2 = EGAOHOUE
- N°3 = NOUMONVIOUÉ
- N°4 = KOKOUHOUE
- N°5 = EGLIME Centre

Vers le Goudron
Abomey-Azoué

**SITUATION DU SITE DE ZOZOUVOU
PAR RAPPORT À LA SOUS-PREFECTURE D'APLAHOUE
DANS LA REGION D'ETUDE**



1. INTRODUCTION GENERALE

Le Bénin est un pays de l'Afrique de l'Ouest situé entre le 6ème et le 12ème degrés latitude Nord, et entre le 1er et le 4ème degrés longitude Est. Sa superficie est de 112.600 km² et sa population s'élève à 5 millions d'habitants (F.A.O, 1992). Son économie, caractérisée par un P.I.B. dont la progression a été de 3 % sur la période de 1981 à 1985 et de 1 % sur celle allant de 1986 à 1989 soit environ un tiers du taux de croissance démographique, est dominée par le secteur agricole qui nourrit 75 % de la population, occupe 43 % des actifs et contribue pour 38 % à la formation du P.I.B. (F.A.O., 1990). Les faibles rendements observés dans ce secteur témoignent de l'état général de dégradation du sol (Projet-RAMR, 1992).

Cette situation, loin d'être uniforme, varie selon les régions du pays. Dans le département du Mono, le taux de croissance démographique et la dégradation du sol ont atteint des niveaux alarmants. La densité de population peut atteindre par endroits 350 habitants au km² (Projet-RAMR, loc. cit.). Le taux moyen de dégradation observé par le C.E.N.A.P (1989: cité par Kops 1992) est de 37 tonnes / ha / an¹. Il en résulte une baisse chronique de la fertilité du sol qui conduisit l'Institut Internationale pour l'Agriculture Tropicale (IITA) à s'associer à l'Institut National de Recherche Agronomique du Bénin (INRAB) et à l'Institut Royal des Tropiques aux Pays-Bas (K.I.T) dans un projet de recherche appliquée en milieu réel (Projet-RAMR). Le but était de mettre au point des méthodes de restauration et de conservation de la fertilité du sol en invitant les agriculteurs à participer à des essais en milieu paysan.

Nos enquêtes se sont déroulées sur les sites de recherches du projet R.A.M.R. au Mono et ont permis la collecte de données biophysiques et socio-économiques sur l'exploitation agricole, les parcelles d'essais et les parcelles témoins.

¹Le taux de dégradation du sol est mesuré par la quantité de sol érodé.

1.1 Problème

1.1.1 Bref aperçu du département du Mono

Le département du Mono, situé au Sud-Ouest du Bénin, est divisé en douze circonscriptions administratives, lesquelles sont à leur tour subdivisées en 661 villages et quartiers de villes. Sa superficie est de 3.800 km² dont 3.000 km² sont cultivables. Il est caractérisé par une végétation secondaire dominée par le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) et quelques fromagers (*Ceiba pentandra*) donnant l'aspect d'une forêt primaire dégradée. Il comprend cinq zones agro-écologiques plus ou moins homogènes² qui sont :

- La savane de Lonkly caractérisée par les sols ferrugineux tropicaux.
- Les plateaux caractérisés par les sols ferralitiques pauvres.
- La dépression centrale caractérisée par les vertisols ou terres noires.
- Le cordon littoral caractérisé par les sols sableux.
- La zone fluvio-lacustre lagunaire caractérisée par les sols alluviaux. (Van der Pol et coll., 1993)

Le site d'enquête de Zouzouvou³ est dans la sous-préfecture de Djakotomey sur le plateau Adja. Celui d'Eglime se trouve dans la sous-préfecture d'Aplahoué dans la savane de Lonkly.

On observe, dans la zone, un climat de type sub-équatorial caractérisé par:

- une grande saison de pluie d'avril à juillet,
- une petite saison sèche d'août à Septembre,
- une petite saison pluvieuse d'octobre à novembre,
- une grande saison sèche de décembre à mars.

² Veuillez consulter la carte Nr.1, au début du texte, présentant la situation géographique et les zones agro-écologiques du département du Mono.

³ Veuillez consulter les cartes Nr.2 & 3, au début du texte, présentant une esquisse des sites d'enquêtes.

Alors que les précipitations annuelles varient de 700 à 1200 mm sur le plateau Adja, dans la savane elles varient de 900 à 1.400 mm. La température moyenne est de 26°C avec un minimum de 22°C en juillet et un maximum de 32°C en mars. L'insolation moyenne annuelle se situe à 2.024 heures et l'évapo-transpiration potentielle moyenne oscille autour de 1.525 mm. L'humidité relative de l'air varie de 76 à 86 % dans l'année (CE.N.A.P, 1986).

La population du Mono est estimée à 674.111 habitants (CARDER-Mono,1992). Sa densité moyenne de 178 habitants au km², atteint 250 à 350 sur les plateaux. Le taux d'accroissement annuel est de 2,8 % (B.D.P.A, 1985). Les populations rurales représentent 78 % de la population totale. On y rencontre plusieurs groupes ethniques. Les Adja largement majoritaires dans le centre et le nord puis les Fon, les Waci, les Gen, les Ci, les Saxwe, les Xwla, et les Xweda plus au sud.

La principale activité économique rencontrée est l'agriculture. Elle est spécialisée dans la production vivrière dont notamment le maïs, et reste la principale source de revenu. Les actifs agricoles (57 % de la population) sont regroupés au sein de 105.579 ménages agricoles sur 73.579 exploitations (CARDER-Mono; loc. cit.). Les activités secondaires sont : la transformation des produits agricoles ; l'élevage de la volaille, des porcins, des caprins et des ovins ; la pêche de poisson d'eau douce dans les lacs et les fleuves ; et le petit commerce.

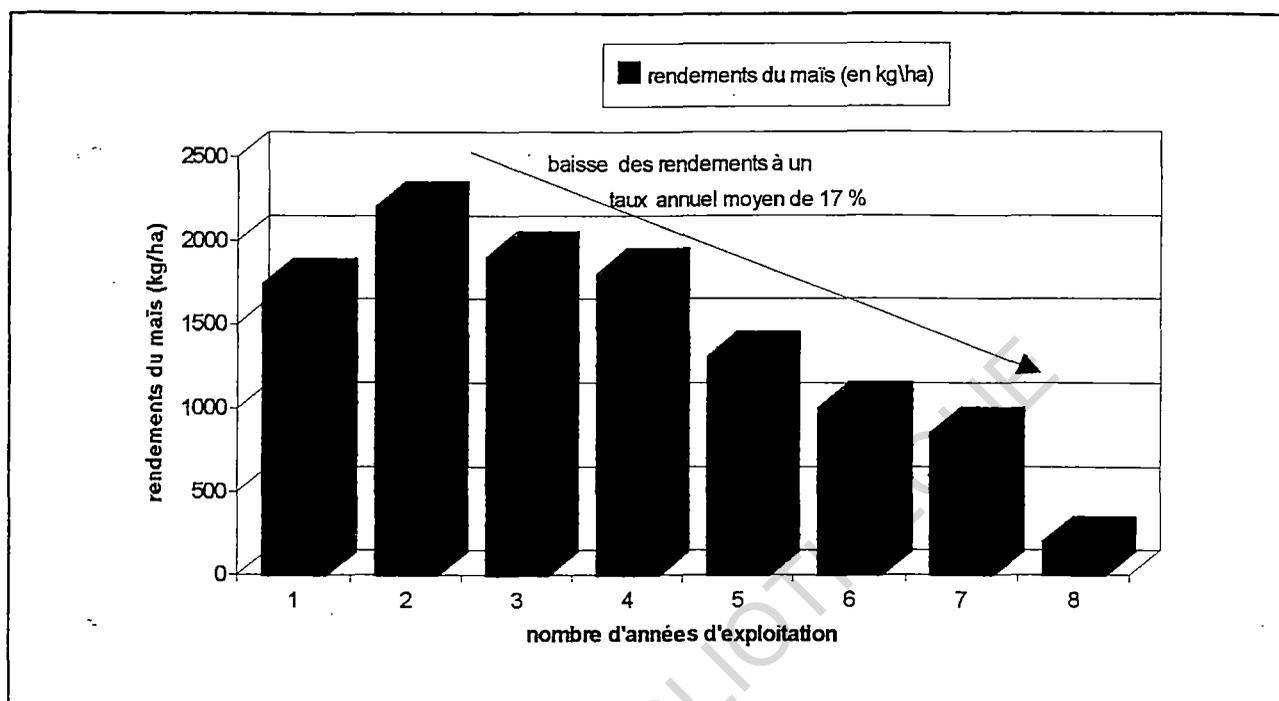


FIGURE 1 : Tendence à la baisse des rendements du maïs sur un échantillon de parcelles depuis la première année d'exploitation après jachère jusqu'à la huitième année sous la pratique traditionnelle.

Source : figure établie sur la base des données secondaires empruntées au rapport d'activité de 1993 du Projet-RAMR, 1994.

◆ La figure 2 (annexe 4) présente l'évolution des emblavures des principales cultures depuis 15ans. Elle montre que le maïs est le produit le plus cultivé et constitue de ce fait l'aliment de base des populations de la région. L'accroissement de la production se fait généralement à partir de l'augmentation des superficies (MDRAC, 1991).

Le niveau des rendements actuels est *grosso modo* faible et les principales causes sont la sur-exploitation de la fertilité du sol (figure 1) et les caprices pluviométriques (figure-3 de l'annexe-4).

1.1.2 La dégradation des ressources naturelles dans le département du Mono.

Le système originel de préservation du sol, pratiqué par le paysan, était la culture itinérante. Elle consiste en un cycle cultural de 2 à 3 ans sur une défriche suivie d'une période de jachère forestière dont la durée varie de 15 à plus de 25 ans. Elle a comme avantage de renforcer la capacité des terres à résister à l'érosion, l'amélioration de la fertilité des sols fatigués et l'augmentation de la productivité agricole. Selon Ehui et coll. (1990) et la C.T.F.T (1979), ce système est moins onéreux, plus simple et plus rentable dans les régions où la terre est abondante.

Cependant, l'évolution rapide de la densité de population a entraîné la forme principale actuelle d'utilisation intensive de la terre : le système de jachère à palmier qui a remplacé le système de jachère forestière. Cette pratique est un système agro-forestier original comportant deux périodes :

- Une période de culture qui associe sur la même sole, palmiers et cultures annuelles, et dont la durée va de 5 à 8 ans ;
- une période de jachère pendant laquelle le sol est abandonné au peuplement du palmier à huile (*Elaeis guineensis*). Cette période peut durer de 10 à plus de 17 ans selon les moyens d'acquisition de terres que possèdent le paysan.

Ce système bien que traditionnel a des avantages agro-économiques appréciables:

- Sur le plan agronomique, le palmier à huile restitue de la biomasse au sol, cherche très loin dans le sol les éléments nutritifs, facilite, à travers son système racinaire l'infiltration de l'eau dans le sol, et augmente la fertilité du sol en se décomposant après abattage.
- Sur le plan économique, les facteurs de productivité de la jachère à palmiers sont la production des régimes, de l'huile de palme (*amivovo*), du vin de palme (*atan*), de l'alcool -distillat du vin- (*sodabi*), de noix palmistes (*déki*), de l'huile

palmiste (*chocho*), de savons (*adikoto*), de bois de chauffe (*naki*) et de matériel de construction, de vannerie et de fourrage pour animaux (Dissou, 1982).

Le paysan intègre parfois au système agro-forestier Adja, la jachère à manioc (*Manihot esculenta*) et plus rarement la jachère à neem (*Azadirachta indica*) ou à pois cajan (*Cajanus cajan*) qui ont aussi des effets positifs sur la fertilité du sol.

Le système, tel que décrit, a été efficace pendant des décennies. Mais depuis les années 80, le raccourcissement de la période de jachère entre 3 et 8 ans ne permettait plus la maturité de la pratique agro-forestière Adja. Selon nos enquêtes, la jachère à palmier atteint sa maturité à partir de 10 ans. La principale cause de ce changement, dans le système, est l'augmentation de la densité de population: 250 à 300 habitants au km², soit 2 à 2,4 ha de terre cultivable par ménage de 6 actifs en moyenne (F.S.A: voir Projet-RAMR, loc. cit.). Les causes secondaires sont d'ordre socio-économique. Le système agro-forestier Adja requiert donc un certain équilibre entre les facteurs démographiques et économiques. Il suffit qu'un des facteurs soit défaillant pour que le système se désintègre. Selon Van der Pol et coll. (loc. cit), la jachère à palmier permet d'avoir un système de production équilibré lorsque le taux de culture est de 40 % mais, actuellement, cet équilibre est rompu du fait que la jachère représentant un taux de 25 à 30 % n'est plus capable de restaurer les prélèvements de nutriment par les cultures annuelles.

Malgré la fragilité de la jachère à palmier, ses fonctions économiques certaines empêchent de la rejeter en bloc et suggèrent l'introduction d'innovations susceptibles de reconsolider tous les facteurs de production.

1.1.3 État initial du sol et ampleur du problème.

Les analyses de sol effectuées, dans le Mono, montrent un appauvrissement des sols en matières organiques et un bilan négatif pour l'azote, la potasse, le phosphore et le calcium (Van der Pol et coll., loc. cit.).

Le bilan des principaux éléments nutritifs du sol est de -14 kg d'azote / ha / an, -5 kg de potasse / ha / an, -0,3 kg de phosphore / ha / an et -1kg de calcium / ha / an. Ce qui correspond, pour une période d'un an, à un déficit minéral (estimations faites sur hectare physique en considérant les cultures pratiquées) annuel de 3.892 tonnes d'azote, de 1.390 tonnes de potasse, de 83 tonnes de phosphore et de 278 tonnes de calcium pour la région (le Mono).

La valorisation des nutriments selon le prix de cession des engrais en une année est de 196 fcfa / kg pour l'azote, 250 fcfa / kg pour le phosphore et 230 fcfa / kg pour la potasse (Van der Pol et coll., loc. cit.). L'application de ces prix aux déficits en nutriments donne une valeur de l'épuisement des sols qui s'élève à 1,1 milliard de francs cfa, soit 4000 fcfa / ha représentant 10 % du revenu brut (à l'hectare) des paysans du département et 15 % sur les plateaux. Comparé à l'épuisement annuel du sol, l'investissement actuel en engrais devra être remplacé par des technologies qui améliorent la fertilité du sol et qui sont en même temps compatibles avec les conditions socio-économiques du paysan.

En résumé, le problème de recherche se pose de la manière suivante : sur le plateau Adja, depuis quelques années, les rendements du maïs (produit de base pour l'alimentation de la population, et culture-test du niveau de fertilité du sol) ont des niveaux très bas. La direction de la recherche agronomique à travers le projet-RAMR et le CE.N.A.P a noté ha⁻¹ deux grands types de sols sur le plateau: **les sols comateux à fertilité médiocre sur lesquels le rendement moyen du maïs local est égal à 200 kg / ha, et les sols intermédiaires à fertilité moyenne sur lesquels il est de 600 kg/ha.** Ces résultats comparés à ceux qu'on obtenait dans les conditions

normales de fertilité du sol, c'est-à-dire **1200 à 1500 kg / ha** (CARDER-Mono, 1990), pose un problème crucial de dégradation de la ressource de base qu'est le sol . Les questions prêtant à discussion sont :

- Quels types de système cultural de restauration et de conservation du sol peut-on introduire dans le système traditionnel sans trop augmenter les coûts de production agricole à l'hectare ?

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

1.2 Revue de la littérature.

Elle comprend essentiellement les causes de l'épuisement de la fertilité du sol, les techniques traditionnelles de conservation du sol au Bénin et en Afrique, les activités de recherche sur la conservation du sol en Afrique, quelques résultats empiriques, les avantages agronomiques et économiques des légumineuses dans les systèmes de paillis vivants et de cultures en couloirs, et enfin les facteurs socio-économiques et institutionnels affectant les décisions d'adoption des pratiques de préservation du sol.

1.2.1 Epuisement de la fertilité des sols.

L'épuisement de la fertilité des sols aboutit à la baisse des rendements. Cet épuisement est en grande partie la conséquence de la dégradation des ressources foncières, c'est-à-dire des pertes de la couche arable des terres et d'éléments nutritifs dans les sols cultivés. Outre les facteurs climatiques dont la maîtrise échappe à l'homme, ce sont les interventions humaines qui sont les causes fondamentales de la baisse de la fertilité des sols (Hudson, 1991; Timberlake, 1990; Gillis et al., 1990). On distingue les causes directes et les causes indirectes.

Les causes directes sont les activités agricoles⁴ et le surpâturage (Roose, 1977; Hudson, loc.cit. ; Gillis et coll., op.cit. ; Hailey, 1938 ; Elwell, 1971 ; Oldman et coll., 1990.). Les recherches conduites par Oldman et coll. (loc. cit.) sous l'égide de la FAO vont un peu plus loin ; elles indiquent que sur les 24 % des sols dégradés par les activités agricoles en Afrique au Sud du Sahara, 13 % sont imputables à la **culture itinérante sur brûlis et sur coupes**. En conséquence, cette pratique serait la principale cause de la baisse de fertilité des terres agricoles.

Aussi, par rapport à ce sujet, la Banque mondiale avait-elle signalé en 1990 que

⁴ qui inclut la culture itinérante sur coupe et sur brûlis.

la culture itinérante nécessite environ quatre fois plus de terres que si le cultivateur exploite une parcelle au moyen d'un système intensif tout en préservant sa fertilité.

Toutefois, ces causes directes seraient amplifiées par les causes indirectes qui les induisent à savoir la pauvreté, l'ignorance, la nature des droits de propriété...etc. (Gillis et coll., op. cit.). Selon ces mêmes auteurs, la pauvreté est la principale cause de la culture itinérante. Gillis et coll. (op. cit) a évoqué les causes inhérentes aux politiques gouvernementales qui ne prennent pas en compte le problème de conservation des sols. A cet effet, ils ont montré que les subventions à la production accordées par les gouvernements pour le développement des cultures de rente sont en général trop faibles pour compenser les coûts que le défrichement massif, occasionné par ces cultures, entraîne pour la société.

1.2.2 Les pratiques traditionnelles de conservation des sols au Bénin et en Afrique.

Les systèmes actuels de cultures au Bénin consomment peu à peu le sol en faisant chuter le pH ($\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$, le degré d'acidité ou de basicité du sol), les taux de matières organiques et la concentration en bases échangeables (Raymond et Beauval, 1991). Les réponses paysannes face à cette situation varient suivant les régions du pays.

Dans le Sud et le centre du pays, elles se résument en des techniques d'agro-foresterie⁵. Les cultures vivrières sont associées à des palmeraies-vignobles occupant peu à peu l'espace et contribuant à protéger et à régénérer le sol jusqu'à son exploitation. Selon les deux derniers auteurs, 11.000 ha officiels de coton dans le département du Mono seraient cultivés de cette manière. Toutefois, au centre du pays, dans le nord du département du Zou, un système analogue à celui des palmeraies-

5 Association dans l'espace et dans le temps de végétaux arborescents et de cultures herbacées.

vignobles est basé, là-bas sur l'anacardier (*Anacardium occidentale*) et concerne plusieurs milliers d'hectares de cultures vivrières (CARDER-Zou, 1990). Le devenir de cette agro-foresterie paysanne est lié à deux filières, celle du "sodabi", alcool de palmier (Dègla, 1986) et celle de l'anacardier faisant l'apanage des commerçants privés (CARDER-Zou, loc.cit.).

Richards (1985) décrit l'ardeur inventive des petits exploitants de l'Afrique occidentale. Quand la poussée démographique s'exerce sur le système d'exploitation des terres, les agriculteurs cherchent à atténuer cette pression. Au sud du Nigéria, les agriculteurs inquiétés par la réduction de la période des jachères et le déclin de la fertilité de la terre ont pratiqué des essais de nouveaux mélanges de cultures associées et ont commencé à développer des fermes complexes, fertilisées avec des détritiques domestiques. Même dans les régions moins peuplées, où les changements dans les systèmes agricoles ne sont pas dus à des pressions démographiques, les agriculteurs font preuve de faculté d'invention et d'adaptation. Dans une région faiblement peuplée de la Sierra-Léone, les agriculteurs ont fait des essais de cultures double intégrant arboriculture et riziculture (Richard, op. cit.).

Les officiers coloniaux britanniques avaient remarqué en 1943 que les agriculteurs "Ibo" du Nigéria oriental plantaient des jachères de légumineuses (Richard, op. cit.). Ruthenberg (1980) fait mention des pratiques traditionnelles de plantation d'arbustes à jachère qui fixent l'azote. Dans certains cas, le retour à la jachère après une période de culture, est favorisé par l'addition d'une plante vivace en culture intercalaire avec la dernière culture annuelle du cycle de rotation.

L'usage de plantes légumineuses en cultures associées (comme par exemple *leucaena*, *tephrosia*, *crotalaria*) comme engrais vert par certains petits paysans de l'est du Nigéria a été attesté par Ruthenberg (1980). D'autres paysans ramassent aussi des feuilles et des branches sur des terres non cultivées pour les appliquer aux sols des parcelles de leur exploitation (Ruthenberg, op. cit.). D'autres formes d'engrais verts traditionnels consistent à enterrer de l'herbe et des résidus de récoltes précédentes sous les billons ou les buttes de terres sur lesquelles sont plantées les cultures. Cette technique est largement répandue dans le département du Zou au Bénin (CARDER-

Zou, loc. cit.) et au Nigéria (Richards, op. cit.).

Il y a aussi en Afrique des pratiques indigènes de compostage. Par exemple, les Dogons du Mali mélangent résidus végétaux, fumiers, déchets domestiques et cendre pour obtenir de l'engrais (Harrison, 1987). Cette pratique est aussi rencontrée chez les agriculteurs Rwandais (Balasubramanian et Egli, 1986) et chez ceux de l'île d'Ukura en Tanzanie (Ludwig, 1967).

Au Bénin, le manioc est fréquemment employé comme culture intercalaire sur le plateau Adja (Quenum, 1986; Biaou, 1991). Au Nigéria, la même pratique a lieu avec le manioc dans la zone forestière et avec le pois cajan dans la savane (Richards, op. cit.).

Dans la région densément peuplée autour de Kano, au nord du Nigéria, la densité des arbres a fortement augmenté dans les années 1980 (Afolabi et coll., 1984), expliquant la disponibilité du bois combustible depuis longtemps sur le marché. Il en va de même dans les régions des petites exploitations du Kenya, où l'ICRAF (1987) cité par Kotschi et coll. (1990) a constaté que la surface couverte par les arbres et les arbustes dans les exploitations agricoles augmentait à mesure que la densité de la population augmentait et que la taille des exploitations s'amenuisaient.

Les producteurs de gingembre (*Zingiber officinale*) au centre du Nigéria ramassent dans la brousse des branches et des feuilles pour le paillage (Richard, op. cit.).

Au total, les méthodes de conservation de la fertilité des sols existent en Afrique et peuvent servir de point de départ pour des recherches orientées sur les systèmes de conservation des sols.

1.2.3 Activités de recherche sur les méthodes de conservation des sols au Bénin et en Afrique.

Au Bénin, les recherches sur les méthodes de conservation des sols sont encore très récentes et assurées par les institutions telles que l'INRAB, la FSA, la GTZ, l'IITA, et l'IRHO. Les thèmes de recherche s'articulent essentiellement autour de l'utilisation

de l'engrais vert en cultures associées, la culture en couloirs avec des légumineuses ligneuses à croissance rapide, le paillage ...etc.

Il faut noter, cependant que, la plupart des méthodes de conservation des sols sont expérimentées dans plusieurs institutions de recherche en Afrique. Le tableau 1.1 donne des indications sur les principales institutions et les principales méthodes utilisées.

Tableau 1.1 : Expérimentations sur les techniques de conservation du sol conduites par les institutions de recherche en Afrique.

Institut de recherche	Compostage	culture inter-calaire	élevage intégré	fixation de l'azote	Paillage	Engrais vert	Agro-foresterie
CODEL	x	x	x	x	x	x	x
ECP		x					x
GTZ	x	x	x	x	x	x	x
ICRAF		x	x	x		x	x
IITA	x	x		x	x	x	x
IPD	x	x	x	x	x	x	x
IRHO	x	x	x	x	x	x	x
IRUG			x				
IRUH				x		x	

Source: Construits à partir de données obtenues à l'I.I.T.A et à la G.T.Z., 1994.

1.2.4 Quelques résultats empiriques.

Les expériences menées dans les stations de recherche montrent que les techniques biologiques de conservation des sols peuvent augmenter substantiellement les récoltes, et que des rendements extrêmement élevés peuvent être obtenus en combinant les techniques biologiques et l'usage des engrais minéraux.

Neumann et Pietrowicz (1983 : voir Kotschi, 1990) ont trouvé dans la ferme

expérimentale de Nyabisindu au Rwanda⁶ que les rendements du maïs étaient de 581kg/ha sans fumure, 1.254 kg / ha avec 15 tonnes de fumier / ha, 2.834 kg / ha avec de l'engrais vert, 3312 kg / ha avec 10 tonnes de fumier / ha + engrais vert, et 3.044 kg/ha avec NPK_{120/100/10}.

Neugebauer (1984 : voir Kotschi, op. cit.) a trouvé à la station de Oskutzcalb au Mexique⁷ que le sol, après s'être reposé quatre années, a donné, après brûlage, un rendement de maïs de 200 kg / ha en culture simple et de 1.324 kg / ha en culture simple plus paillis, alors que le même type de sol mis en jachère arbustive traditionnelle de 10 ans donne un rendement en maïs d'environ 1.300 kg / ha.

A la station expérimentale de Pará au Brésil⁸, Schöningh (1984 : voir Kotschi, op. cit.) a trouvé que le rendement du maïs en 1ère saison était de 78 kg / ha sans fertilisant minéral et de 3.539 kg / ha avec 100 kg / ha de NPK_{120/80/60} sans utiliser d'autres techniques de conservation des sols. Lorsqu'on utilise du paillage avec arbustes de 2 à 5 ans, le rendement du maïs varie de 1.500 à 1.800 kg / ha sans fertilisant minéral et de 4.460 à 4.480 kg / ha avec l'application de 100 kg / ha de NPK_{120/80/60}.

L'acacia (*Acacia albida*) est une légumineuse ligneuse capable de doubler les rendements partout où il est présent (IITA, 1992). On la rencontre à l'état sauvage dans les champs entre les cultures annuelles dans les zones arides et semi-arides (IITA, loc.cit). Outre son aptitude à fixer l'azote, elle perd ses feuilles en saison pluvieuse pour fournir de la matière organique au sol et éviter d'entrer en compétition pour la lumière et l'eau avec les cultures semées sous l'arbre ; en saison sèche, elle reverdit pour protéger le sol contre l'insolation (Lahuec, 1980 : voir Prudencio, 1983) et fournit du fourrage pour les petits ruminants.

Suite à des essais agronomiques, les légumineuses annuelles ont révélé des

6 Altitude de 1500 m ; 1600 mm de pluie par an ; oxisol.

7 1.100 mm de pluie par an ; 27 °C de température moyenne.

8 altitude 250 m ; 1600 mm de pluie par an ; sol latéritique

effets positifs à long terme sur la fertilité des sols et les rendements (Stoop et Staveren, 1980). Elles améliorent particulièrement les rotations culturales (IITA, 1989). Harrison (1987) a aussi cité de nombreux exemples des pratiques agricoles ménageant l'environnement et pouvant être appliqués au niveau local à un coût relativement bas.

Des propositions plus pointues demanderaient une analyse qui prendrait en compte également les coûts liés aux pratiques de conservation. Aussi sans donner l'occasion au paysan d'expérimenter des essais dans son milieu, on ne saurait véritablement apprécier le niveau de concordance entre les nouvelles techniques de conservation et les caractéristiques socio-économiques de l'exploitation paysanne.

Par ailleurs, certains essais empiriques, ayant porté sur quelques décennies, ont permis, après application en Europe, en Asie et en Amérique, de répondre à des questions concernant les effets de la fumure et de l'assolement sur les rendements des cultures (Banque Mondiale, 1992). Cependant, leur transfert en Afrique doit être prudent et faire l'objet d'expérimentation par les services nationaux de recherche. Les essais de longue durée sont déterminants dans la dynamique des systèmes agricoles (Plucknett, 1992; Wright, 1992 : voir Banque mondiale, 1992).

Doolette et Smile (1990 : voir Banque mondiale, loc. cit.) ont rassemblé des chiffres sur les effets des pratiques bon marché (financièrement facile à acquérir par le paysan) de conservation des sols sur l'érosion et le rendement des récoltes, correspondant à des fourchettes de rendements tirées de l'examen de plus de 200 études en Afrique, en Asie, en Europe et en Amérique. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.2 qui montre, en particulier, que le paillage peut réduire de 73 à 98 % l'érosion du sol. Comme nos recherches sont basées sur les systèmes de jachère améliorée, producteurs de paillis, nous aurons l'occasion d'estimer jusqu'à quel point, ils réduisent l'érosion du sol et voir si les résultats sont comparables.

Tableau 1.2 : Effets des pratiques bon marché de conservation des sols sur l'érosion et le rendement des récoltes

Méthode	Réduction de l'érosion (%)	accroissement du rendement (%)
Paillage	73-98	7-188
Cultures en courbe de niveau	50-86	6-66
Courbes de niveau enherbées	40-70	38-73

Source: (Doolette et Smile, 1990)

Notons, par ailleurs, qu'en plus des techniques culturales biologiques à coûts relativement faibles, on rencontre aussi les aménagements mécaniques (les murettes de pierres, les levées de terre, les terrasses,...etc) qui visent à réduire durablement l'érosion hydraulique. Ces aménagements sont très coûteux et se justifient davantage au niveau de la collectivité qu'au niveau individuel. Leur rentabilité n'étant pas directe, leur mise en oeuvre se limitent à l'intervention des pouvoirs publics. Il est à signaler aussi que leur efficacité n'est totale que s'ils sont accompagnés d'une action de mise en valeur faisant appel à des techniques culturales visant à accroître les rendements directs. Enfin, ces aménagements se rencontrent surtout dans les pays du sahel où le phénomène de dégradation des sols est plus prononcé.

1.2.5 **Avantages agronomiques des légumineuses dans les systèmes de paillis vivants et de cultures en couloirs.**

1.2.5.1 **Le paillis vivant.**

Le **paillis vivant** est un système de production où les cultures vivrières sont plantées directement dans un champ ayant porté ou portant une culture de couverture

à croissance lente, avec le moins de perturbation possible (IITA, 1992). Un certain nombre de légumineuses de couverture dont les *Calopogonium mucunoïdes*, *Centrosema pubescens*, *Mucuna pruriens var utilis*, *Psophocarpus palustris* et *Pueraria phaseoloïdes* ont été testées à l'IITA pour leur potentiel dans le système de paillis vivant. Les rendements annuels en matière sèche de ces légumineuses sont de l'ordre de 1,5 à 7,5 tonnes / ha avec des rendements en azote allant de 30 à 300 kg / ha / an (Mulongoy et Akobundu, 1992). Le système de paillis vivant à base du *mucuna* permet, après un à deux ans de jachère, la remise des sols épuisés (rendement du maïs inférieur à 200 kg / ha) sur lesquels même la fumure minérale pure ne parvient pas à donner des résultats satisfaisants (Projet-RAMR, 1992)⁹. Selon Versteeg, M. et coll. (1993) après une jachère d'un an de *mucuna*, le rendement du maïs passe en moyenne de 480 à 1110 kg / ha. C'est une solution alternative aux jachères traditionnelles, souvent très longues. Au Mexique, les paysans ont pu écourter la jachère naturelle de plus de 10 ans à une année seulement avec le *Mucuna* (Hulugalle et al., 1986 : voir Projet RAMR, 1992).

Dans le système «culture de maïs en grande saison et *mucuna* en petite saison», il a été montré en Amérique Centrale que la production totale par an de maïs est de 35 % environ plus élevée que la somme de la production de la grande saison et de la petite saison sans ce système. Ainsi le système de paillis vivant à *mucuna* en restaurant la fertilité du sol peut constituer une stratégie importante pour une agriculture durable.

1.2.5.2 Cultures en couloirs.

Il s'agit d'un système agro-forestier où les cultures vivrières sont plantées dans des couloirs délimités par des haies vives de légumineuses arbustives. Selon l'IITA (1990), la plupart des légumineuses ligneuses peuvent fixer 134 à 274 kg d'azote / ha / an en condition de champ, ce qui représente 45 % de leur azote total (Mulongoy,

⁹ Il s'agit de l'édition de Valentin Koudokpon

1986a ; Herridge et Bergersen, 1988 ; Mulongoy et coll., 1988 ; Sanginga et coll., 1989: cité par IITA, 1992 : Nr.4). Ces légumineuses peuvent alors réduire considérablement les besoins en azote des cultures qui leur sont associées. Les émondes de ces plantes servent aussi de paillis qui conserve l'humidité du sol. Kang (1992) démontrent que les émondes de divers légumineuses arbustives formant les haies augmentent les rendements en maïs de la même manière que l'application d'engrais azoté à une dose de 90 à 100 kg d'azote / ha. Cependant, l'efficacité d'utilisation de l'azote dans l'agriculture en couloirs dépend du moment d'application des émondes, la manière de disposer les émondes, la quantité et la qualité des apports organiques. Par exemple, en incorporant 10 tonnes d'émondes / ha de leucaena (*Leucaena leucocephala*) ou du gliricidia (*Gliricidia sepium*), on a obtenu un rendement en grain respectivement de 65 % et 25 % plus élevé que celui obtenu avec l'application en surface des émondes (Kang et Duguma, 1985) rapportés par Kang et coll. (1986). L'efficacité relative de l'azote dans les couloirs est donc faible. Cependant, malgré cette faiblesse, ces deux auteurs soutiennent qu'après une longue expérimentation, le rendement du maïs a pu être maintenu à environ 2 tonnes / ha en culture en couloirs sur une période de 6 ans, comparé à un rendement de 0,5 tonne / ha (soit 25 % plus faible) dans la parcelle-témoin sans application d'émondes. Ainsi l'inclusion des légumineuses arbustives dans les systèmes de culture peut constituer une stratégie importante dans l'agriculture durable.

1.2.6 Avantages économiques des légumineuses dans les systèmes de paillis vivants et de cultures en couloirs.

1.2.6.1 Le paillis vivant et ses arrière-effets dans les systèmes de cultures.

Les coûts relatifs à l'établissement des cultures de couverture en champ comprennent les semences, la main-d'oeuvre pour le semis et celle requise pour ouvrir

les bandes dans le paillis. Ces coûts assez faibles sont compatibles avec les maigres ressources du paysan.

On peut admettre que le **paillis vivant** a l'avantage d'être plus rentable que la jachère de brousse étant donné qu'il permet une culture continue tout en conservant et en améliorant la fertilité du sol.

Les autres avantages du **système de paillis vivant** s'expriment sous forme de gain en azote et de lutte contre les adventices. Il en résulte une réduction du coût de production par unité de surface et une augmentation des bénéfices au fil du temps. Ces bénéfices ajoutés aux propriétés physiques améliorées du sol et à la diminution de l'érosion se traduisent par des rendements élevés et durables.

Pour une analyse économique correcte, les gains en fertilité des sols des cultures de couverture doivent être évalués et actualisés.

1.2.6.2 - **Le système de cultures en couloirs.**

Raintree et Turay (1980 : cité par Mulongoy et Akobundu, loc. cit.) ont utilisé un modèle de programmation linéaire pour comparer la rentabilité de la production du riz pluvial avec de l'engrais azoté inorganique et celle de la même production dans un système de culture en couloirs avec des haies de leucaena. Dans cette analyse, l'efficacité d'utilisation de l'azote des émondes a été fixée à 33 % de celle de l'engrais azoté. Dans les conditions de production à petite échelle dans le modèle, il s'est avéré beaucoup plus rentable de cultiver du riz avec de l'azote provenant des haies de leucaena (azote organique) qu'avec de l'azote minéral. Le prix auquel l'engrais azoté devient rentable a été estimé inférieur ou égal à 3 % du prix actuel. En d'autres termes, au moins 97 % du prix de l'engrais azoté devrait être subventionné pour pouvoir supporter la concurrence de la production rizicole à base de leucaena.

Par rapport à la jachère de brousse, Ngambeki (1985) et Sumberg et coll. (1987) ont montré qu'en réduisant le besoin en azote, la culture en couloirs est plus rentable malgré qu'elle requiert une main-d'oeuvre intense. Toutefois, ces données restent encore à valider en milieu réel paysan.

1.2.7 Facteurs socio-économiques et institutionnels affectant les décisions d'adoption des pratiques de préservation du sol.

En Afrique, beaucoup de technologies de production agricole ont fait leurs preuves dans la réduction de l'érosion du sol à des niveaux acceptables. Cependant, nombreux sont les agriculteurs réticents à l'adoption des pratiques de conservation du sol. La dégradation du sol est donc aussi bien un problème social qu'un problème technologique.

Les variables qui affectent la prise des décisions au niveau de l'exploitation sont:

- la pression foncière, la pauvreté, le mode de faire valoir et les politiques nationales d'une part ;
- et d'autre part, la prise de conscience, l'accès au système d'information, la rentabilité de l'adoption et les valeurs de l'environnement.

1.2.7.1 La pression foncière.

C'est un facteur important affectant l'adoption des pratiques de conservation du sol (FAO, 1983 ; Pearce et coll., 1990 ; Versteeg et coll., loc. cit.). En effet, la croissance démographique entraîne l'augmentation de la demande foncière ; mais parce que les terres d'une région sont en quantité finie, les populations cherchant à s'établir sur de nouvelles terres sont obligées de les sur-exploiter.

1.2.7.2 La pauvreté.

La pauvreté contribue à dégrader le sol étant donné que le petit paysan n'est pas capable, ni apte à investir dans la conservation du sol (FAO, loc. cit. ; Napier, 1990; Pearce et al., op. cit.). Dans une situation de pauvreté, la majorité des paysans préfère la survie (un investissement à court terme permettant de vivre mais contribuant à dégrader le sol) à la conservation du sol (un investissement à long

terme qui ne sécurise pas toujours le petit paysan). Autrement, le paysan serait contraint à se déplacer du secteur agricole vers le secteur non-agricole.

Ainsi, partout où une forte proportion de la population pratique l'agriculture de subsistance, il n'est pas surprenant que les recherches confirment que l'érosion soit un problème crucial.

1.2.7.3 Le mode de faire valoir.

La tenure foncière est perçue comme une contrainte majeure à l'adoption des pratiques de conservation du sol (Babier, 1988 ; Pearce et coll., op.cit ; Projet-RAMR, loc. cit ; Biaou, op. cit.). Selon ces auteurs, des règlements institutionnels sont essentiels pour protéger les ressources foncières. Ils ont observé que les terres en propriété sont favorables aux investissements dans la conservation contrairement à celles qui ne sont pas en propriété.

1.2.7.4 Les politiques nationales.

Elles influencent significativement l'adoption des pratiques de conservation du sol au niveau de l'exploitation (FAO, loc. cit. ; Pearce et coll., op. cit.). Elles peuvent entraver ou faciliter l'adoption des pratiques de conservation. Par exemple, le maintien des prix des cultures érosives (par exemple les céréales) à des prix artificiellement élevés pourrait exacerber les pertes de sol parce que les paysans peuvent être motivés à les produire en grande quantité pour accroître leur revenu. En revanche, un manque d'engagement de l'État à exécuter des politiques environnementales pour contrôler les ressources foncières peut contribuer à l'érosion du sol (Napier, 1990 b,c; Pearce et coll., op. cit.).

1.2.7.5 La prise de conscience.

C'est un facteur qui peut agir comme une contrainte à l'adoption des pratiques de conservation du sol (Pearce et coll., op. cit.). Si l'agriculteur n'a pas conscience que l'érosion du sol affecte négativement la productivité future de ses ressources foncières en créant des pertes économiques aux autres membres de la société, il ne sera pas motivé pour adopter des technologies qui réduisent les pertes de sol. La prise de conscience est plus qu'une simple reconnaissance de l'existence d'un problème qui requiert une action corrective. On doit être conscient qu'il existe des moyens pour résoudre un problème identifié.

1.2.7.6 Accès au système d'information.

Le manque d'accès au système d'information pour communiquer au paysan les causes et conséquences de l'érosion du sol et les propositions de solution ont été identifiés comme l'une des contraintes à l'adoption des pratiques de conservation (Pearce et coll., op. cit.). En effet, sans connaître comment les problèmes de l'érosion pourraient être résolus, le paysan n'adoptera pas de nouvelles technologies. La disponibilité des informations pertinentes est entravée par le médiocrité de la communication entre les producteurs d'informations scientifiques et les agences de transfert de technologies (FAO, loc. cit.). Aussi le manque de consensus sur le paquet technologique approprié qui pourrait satisfaire les attentes de production et le contrôle de l'érosion affecte négativement l'adoption des pratiques de conservation (FAO, 1983; Pearce et coll., op. cit.). Il faudrait que l'état des connaissances techniques soit adéquat pour permettre le développement des techniques appropriées aux différentes situations socio-écologiques.

1.2.7.7 La rentabilité de l'adoption des pratiques de conservation.

Au moment de choisir les pratiques agricoles à utiliser dans l'exploitation agricole, le paysan est sensible à la notion de rentabilité dans le système de production (Cochrane et Huszar, 1988 ; Pearce et coll., op. cit.). Si une technologie est perçue comme non rentable, elle ne sera pas sérieusement considérée par le paysan, à moins que des subventions économiques et l'assistance technique soient fournies.

Il y a beaucoup de techniques qui augmentent la production en réduisant l'érosion du sol. Cependant, l'accroissement des coûts qu'elles imposent peuvent entraîner de bas niveaux de profits (Lal, 1987a.).

1.2.7.8 Les valeurs de l'environnement.

Beaucoup d'auteurs s'entendent sur le fait que le paysan africain se soucie très peu de l'amélioration de son environnement physique. Pour lui, l'adoption des pratiques de conservation du sol n'est pas toujours vue comme un moyen de préserver les productivités futures des ressources foncières afin que le flux des revenus futurs soit assuré. Sa survie immédiate lui importe plus que la protection de ses ressources foncières.

En somme, dans ce chapitre le problème de dégradation des sols sur le plateau Adja a été posé et situé par rapport à un ensemble d'éléments issus de la revue de la littérature dans ce domaine. La suite du document est organisée de la façon suivante : les objectifs et les hypothèses, les méthodes, les résultats de l'évaluation des technologies dans le court et le moyen termes, l'analyse du risque de production, la détermination du niveau de dégradation du sol, la rentabilité à long terme, les conclusions et les implications de politiques en terme de développement économique.

2 OBJECTIFS, HYPOTHESES ET METHODES

2.1 Objectifs

Objectif principal:

Comparer les coûts et avantages engendrés par les pratiques traditionnelles de conservation du sol, principalement le système agroforestier à base du palmier dans son état actuel, avec les coûts et avantages liés aux technologies alternatives de conservation du sol. Celles-ci comprennent :

le système de jachère à base du mucuna (*Mucuna pruriens var. utilis*) intégré à une rotation culturale,

le système de jachère à base d'acacia (*Acacia auriculiformis*) intégré à une rotation culturale,

le système de culture en couloirs, à base de leucaena (*leucaena leucocephala*) et de gliricidia (*gliricidia sepium*), intégré à une rotation culturale .

Pour atteindre cet objectif principal, les objectifs spécifiques suivants doivent être atteints :

Objectifs spécifiques :

1. **Comparer la rentabilité financière des exploitations agricoles**, dans le court et le moyen terme, utilisant les techniques traditionnelles de conservation des sols avec celle des techniques améliorées introduites.

2. **Quantifier les taux de dégradation des sols et les pertes de rendement** qui en résultent dans les deux systèmes d'exploitation des sols .

3. **Déterminer les avantages financiers supplémentaires nets pouvant être attribués aux nouvelles pratiques**, dans le long terme. Pour ces exploitations, dans cet environnement biophysique précis, déterminer le taux de rentabilité interne probable ainsi que le nombre d'années nécessaires à l'exploitant pour récupérer son investissement dans les pratiques nouvelles.

4. **Déterminer les avantages économiques nets pouvant être attribués aux nouvelles pratiques culturales**. Cette analyse économique est essentielle étant donné que les avantages et les coûts sociaux sont certainement différents des avantages et coûts financiers, et ce pour deux raisons :

- La vérité des prix n'est peut être pas respectée suite à des politiques de distorsion. Par conséquent, l'optimum financier recherché par l'exploitant est sans doute éloigné de l'optimum social.
- La dégradation des sols peut entraîner des coûts économiques et sociaux pour la société. Ces coûts ne sont pas directement supportés par l'exploitant ; d'où les ignorer conduit à sous-estimer les avantages des mesures de conservation des sols.

5. **Evaluer la sensibilité des résultats obtenus de l'analyse financière à certains scénarios**, notamment : le taux et le rythme de dégradation des sols, le taux d'intérêt, l'importance de l'investissement initial dans les mesures de conservation des sols, et la durée et la nature de la tenure. **Evaluer les caractéristiques de risque physique**. Atteindre cet objectif nous permettra de déterminer sous quelles conditions l'exploitant serait susceptible d'adopter ces nouvelles techniques de conservation des sols.

2.2 Hypothèses de recherche

1. Dans le court terme¹⁰, l'adoption de pratiques de conservation des sols est financièrement rentable au niveau de l'exploitation (objectif 1).
2. Les taux de dégradation et les pertes de rendement sont plus importants dans les systèmes traditionnels de gestion des sols que dans les systèmes améliorés (objectif 2).
3. A long terme, l'adoption des pratiques de conservation des sols est financièrement et économiquement plus rentable (objectifs 3 & 4).
4. Les nouvelles pratiques stabiliseront le rendement physique et économique comparativement à la pratique traditionnelle Adja (objectif 5).

2.3 Les outils d'analyse

1. Pour tester l'hypothèse 1 relative à l'objectif 1, nous avons utilisé :
 - l'analyse de variance et l'analyse des contrastes orthogonaux pour comparer les paires de traitements homologues appliqués dans les systèmes avec et sans jachère améliorée sur le plan des rendements physiques, de la main-d'oeuvre, des coûts de production et du revenu net. Ces comparaisons permettent d'identifier les traitements statistiquement significatifs, lesquels feront l'objet de l'analyse budgétaire.
 - la budgétisation associée à l'analyse des avantages dominants et l'analyse marginale pour estimer les coûts de production, les marges additionnelles entre

Le moyen terme (comme le long terme) est définis par rapport à chaque type de pratique de conservation des sols.

les systèmes avec et sans jachère améliorée ; pour valoriser la main-d'oeuvre familiale en fonction des différents modes de faire-valoir des terres ; Pour identifier les traitements à avantages dominants et estimer les taux de rentabilité marginale qui leurs sont associés. Les traitements dominants identifiés dans chaque couple de technologies avec et sans jachère améliorée seront utilisés dans l'analyse coûts-avantages.

2. Pour tester l'hypothèse 2 relative à l'objectif 2, deux outils ont été appliqués:

- ▶ **Le modèle USLE (*Universal Soil Loss Equation*)** est utilisé pour estimer les taux de dégradation du sol et pour déduire pertes de rendement qui en résultent.
- ▶ **Ensuite un modèle de régression basé sur des séries de données à la fois synchroniques et diachroniques (1993)** relatives aux taux de dégradation et aux rendements du maïs doit permettre d'estimer la relation entre le taux de dégradation et les rendements du maïs. Ce dernier modèle permet en outre de prédire les rendements futurs particulièrement dans la pratique traditionnelle. Ceci doit rendre possible d'une part, l'estimation de la période critique à laquelle les rendements agricoles associés au système traditionnel seront négligeables, et d'autre part de développer le modèle d'analyse coûts-avantages sur la base des rendements futurs estimés.

3. Pour tester l'hypothèse-3 relative aux objectifs (3 et 4), on s'est servi de **l'analyse coûts - avantages** pour estimer les indicateurs de rentabilités tels que la valeur actuelle nette, le taux de rentabilité interne et le ratio avantages - coûts (sous la forme du ratio avantages nets - investissement).

4. Pour tester l'hypothèse 4 relative à l'objectif 5, on a utilisé deux outils :

- ▶ D'une part, **l'analyse de dominance stochastique** (Dillon, J. L. et J. R. Anderson , 1990) pour estimer les caractéristiques de risques associées à la

production agricole dans les trois types de systèmes de jachère améliorée comparativement à la pratique traditionnelle servant de témoin.

- ▶ D'autre part **des analyses de sensibilité basées sur des modifications dans le prix du maïs et des coûts des facteurs de production** pour analyser la dynamique des indices de rentabilité aussi bien dans l'analyse de court terme que dans l'analyse de long terme.

Pour le développement méthodologique de ces outils, se référer au chapitre concerné par chaque analyse.

2.4 Méthodes d'enquête

2.4.1 Procédure adoptée et choix des sites.

Pour mener à bien cette recherche et atteindre les objectifs sus-cités, deux possibilités nous sont offertes :

- soit, initier et suivre des parcelles d'essai, à installer par le paysan et à gérer par lui à l'aide de pratiques traditionnelles et améliorées en milieu réel, sur une durée minimale de 2 à 3 ans.
- soit, exécuter directement les enquêtes sur des parcelles d'essai, pré-établies et gérées par le paysan à l'aide de pratiques traditionnelles et améliorées, datant d'au moins de 1 à 2 ans et pour lesquelles existent des données et des résultats.

Nous avons choisi la deuxième alternative pour la raison suivante:

La première alternative demande beaucoup de temps et de moyens, et il existe dans le département, un programme de recherche et développement avancé dans les pratiques améliorées de conservation du sol. Le projet R.A.M.R (Recherches Appliquées en Milieu Réel) est un des projets en Afrique de l'Ouest ayant à son actif des années d'acquis et d'expériences appréciables en la matière (conversation personnelle avec M. Versteeg de l'IITA, 1993).

Nous avons retenu les villages Zouzouvou et Eglimé comme sites de recherche. Ce choix a été motivé par les raisons suivantes:

- Zouzouvou et Eglime sont respectivement sur le plateau Adja et dans la savane de Lonkly. Les sols de ces deux zones agro-écologiques sont parmi les plus dégradés du Mono (Azontondé, 1988 ; Van der Pol et coll., loc. cit).
- Ces deux villages sont des sites de recherche du projet R.A.M.R, où il existe une relative concentration d'essais sur la conservation du sol.
- Des analyses pédologiques effectuées dans ces villages confirment l'épuisement de ces sols.

2.4.2 Echantillonnage, collecte de données et exécution de l'enquête.

2.4.2.1 Echantillonnage

La base de sondage au niveau des villages est constituée en partie de la liste exhaustive de 96 chefs de ménages de Zouzouvou sélectionnés sur les critères d'accessibilité et de type de sol (Projets UNB/UVA/ER et UNB/LUW/SVR, 1985) et de la liste des paysans ayant accepté volontairement d'installer des parcelles d'essai à base du mucuna, de l'acacia ou à base de cultures en couloirs dans le cadre de la collaboration avec le projet R.A.M.R.

La technique utilisée est l'échantillonnage stratifié.

Les critères de sélection utilisés pour stratifier la base de sondage sont :

- La fertilité du sol : deux niveaux de fertilité ont été distingués ; les sols à fertilité médiocre sur lesquels les rendements du maïs sont inférieurs à 500 kg / ha, et les sols à fertilité moyenne sur lesquels les rendements du maïs varient entre 500 et 800 kg / ha .
- Le type de technologie améliorée de conservation du sol adopté dans les essais. Trois types d'essai ont été distingués sur la base de leur existence dans les villages.

Une à trois strates opérationnelles, selon le village, ont été réalisées. Chaque strate a été représentée sur la base de son importance dans l'échantillon de 40 exploitations à raison de 20 par village. Nous avons procédé ainsi à cause du nombre réduit des essais. Le tirage à l'intérieur des strates a été fait au moyen de la technique du choix aléatoire simple.

Pour augmenter l'effectif des parcelles d'essai et prévenir le cas de celles qui seraient abandonnées par le paysan au cours de la campagne agricole, d'autres parcelles de technologies améliorées n'appartenant pas nécessairement aux essais et hors-échantillon ont été suivies.

Finalement, pour des raisons diverses de défaillance au niveau du paysan, l'échantillon réellement enquêté et analysé se présente comme suit :

- **19 exploitations** ont été enquêtées respectivement à Zouzouvou et **20 à Eglime**,
- 16 parcelles d'acacia à Zouzouvou (portant 4 traitements différents), chacune avec son témoin,
- 32 parcelles de Mucuna à Zouzouvou (portant 4 traitements différents), chacune avec son témoin,
- 64 parcelles de culture en couloirs à base du leucaena et du gliricidia à Zouzouvou (avec 4 traitements différents), chacune avec son témoin,
- 36 parcelles de mucuna à Eglime (avec 2 traitements différents), chacune avec son témoin.

2.4.2.2 Collecte de données et exécution de l'enquête.

Les données secondaires ont été collectées aux niveaux des sous-préfectures d'Aplahoué et de Djakotomey, du projet R.A.M.R., du CARDER-Mono, de l'IITA., de la F.S.A., de l'INRAB, du CE.N.A.P., du CE.NA.TEL. et ce, à travers des documents officiels, des discussions, des périodiques, des publications scientifiques et des rapports d'activités.

Deux unités d'analyse ont été considérées pour collecter les données primaires de type socio-économique et agronomique : **l'exploitation agricole et la parcelle expérimentale en milieu réel**. Les premières ont permis d'établir une grille d'analyse de l'exploitation et celles relatives aux parcelles ont servi à analyser les décisions adéquates quant à la conservation du sol.

Les moyens de collecte utilisés sont l'observation liée à l'entrevue et les mesures effectuées dans les champs.

Trois enquêteurs ont été recrutés sur la base du niveau d'étude, des expériences précédemment accumulées en matière d'enquête et de leur appartenance au milieu. Ils ont été ensuite formés. Deux d'entre eux étaient chargés de consulter hebdomadairement les ménages et les paysans gérant les parcelles expérimentales ; le troisième s'est occupé de la mesure des superficies des champs, de la pose des carrés de rendement, de la mesure des pentes et des longueurs de pente, du comptage des palmiers, et de la constitution d'un herbier.

L'enquête a duré 8 mois, de juin 1993 à janvier 1994. Ce qui a permis de couvrir intégralement la 1^{ère} et la 2^{ème} saisons de culture de la campagne agricole 1993.

2.4.3 Activités et quantification des données collectées.

2.4.3.1 Choix de l'activité.

Des données ont été collectées sur les principales cultures pratiquées dans la région, cependant la culture retenue dans l'analyse des systèmes de conservation est le maïs. Les raisons de ce choix sont les suivantes :

- Les légumineuses (arachide et niébé), par leurs propriétés à capter l'azote atmosphérique, enrichissent le sol de sorte que leurs rendements ne sont pas de bons indicateurs de la fertilité du sol.
- Le manioc est une culture de fin de rotation qui donne des rendements appréciables sur les sols pauvres. En conséquence, il ne convient pas au test de la fertilité du sol.

- Le coton, principale culture de rente de la région, reçoit systématiquement des applications d'engrais (NPK_{14,23,14})¹¹.
- Enfin, le maïs est l'aliment de base de la population Adja. il occupe plus de 75% des emblavures du ménage. C'est une graminée à laquelle le paysan n'applique pas généralement de l'engrais. Il est très sensible à la fertilité du sol. Selon El Swaify et coll. (1985) et le CE.N.A.P (1986), le maïs est une culture céréalière dont le rendement montre une corrélation positive nette avec le niveau de fertilité des sols. Il est donc une bonne culture - test de la fertilité du sol. C'est aussi la seule culture conseillée par le projet R.A.M.R. dans les parcelles expérimentales servant à tester la fertilité du sol.

2.4.3.2 Données collectées

Les outils d'analyse requièrent des données explicites à collecter. Pour chaque outils, les données à collecter sont les suivantes:

Tableaux de fréquence et caractéristiques de tendance centrale.

La taille du ménage ; les superficies et les productions de maïs, de manioc, de niébé, d'arachide et de coton dans les champs et parcelles ; l'âge, le sexe, le statut, l'activité principale, le niveau de scolarisation et d'alphabétisation des membres du ménage ; les temps de travaux agricoles de chaque membre du ménage ; la tenure des parcelles ; l'éloignement des champs par rapport à la maison ; le nombre de palmiers par parcelle ; le type de sol.

Modèle U.S.L.E.

Le degré et la longueur des pentes ; les relevés pluviométriques ; l'indice d'érodibilité du sol ; l'indice du couvert végétal et des pratiques culturales ; l'indice des

¹¹ 100 kg de NPK_{14,23,14} signifie que l'engrais minéral à base de N, P et K comprend 14 kg d'azote, 23 kg de phosphore, 14 kg de potassium et 49 kg d'adjuvant (matière inerte).

traitements utilisés pour lutter contre la dégradation du sol; date de mise en culture de la parcelle après la dernière jachère reconstitutive; la production du maïs ; l'unité de mesure locale; la forme ; la variété de maïs ; les superficies des parcelles de maïs ; la constitution d'un herbier sur chaque catégorie de sol afin de déceler les adventices indicateurs du niveau de fertilité du sol.

Modèle de budgétisation avec l'analyse marginale.

La production du maïs ; la production du mucuna ; la quantité et le coût des semences de maïs, du mucuna , de l'acacia , du leucaena et du gliricidia ; la quantité et le coût de l'engrais NPK ; la densité des semences ; la quantité et la valeur des bois d'oeuvre et de chauffe produits par l'acacia, le leucaena et le gliricidia ; la quantité et la valeur des nutriments apportés au sol ; la main-d'oeuvre pour les activités de défrichage, de semis, de sarclage, de récolte, d'élagage du palmier, d'émondage du leucaena et du gliricidia ; l'investissement et les dépenses entrant dans le calcul du taux des principales opportunités de capital ; le prix du maïs pendant les 8 dernières années jusqu'à et y compris 1993.

Le modèle d'analyse coûts - avantages.

Les mêmes données que celles des budgets, l' horizon temporel, le taux d'intérêt des capitaux empruntés.

Le modèle d'analyse du risque à partir de la dominance stochastique

Les rendements agricoles relatives aux différentes technologies sur trois à quatre ans et leurs fréquences.

2.4.3.3 Quantification des données collectées.

La main-d'oeuvre : conversion des journées de travail (6 heures) en journées-unité-travailleur par une correction selon une échelle pondérable (Ancey G, 1968).

Dans notre site d'enquête, nous avons observé que l'enfant de 7 à 13 ans et les personnes âgées de plus de 60 ans, qui pratiquent le salariat agricole consacrent environ 2 fois plus de temps qu'un homme âgé de 14 à 60 ans. De la même manière pour les activités d'entretien et de préparation du sol, les femmes de 14 à 60 ans sont un peu plus lentes que les hommes de la même classe d'âges.

Ces observations sont à peu près conformes à celles qui ont conduit Norman (1973)¹² à construire la table d'équivalent-producteur pour le Nigéria voisin, adapté à notre milieu d'étude par Biaou (op. cit). Selon cette table le coefficient de pondération attribué à un homme de 15 à 60 ans est 1 pour toute les activités. Pour les femmes de la même classe d'âges ce coefficient est égal à 1 pour les activités de récolte et le semis, étant donné qu'on estime qu'elles travaillent autant que les hommes pour ces activités. Pour les activités de défrichage et de sarclage, le coefficient attribué est 0,75 pour cette catégorie de femmes. Les enfants de 0 à 7 ans sont des inactifs, et ceux de 8 à 14 ans sont des demi - actifs sauf pour l'activité de semis. La pondération à 1 signifie être considéré comme actif à part entière. Par exemple pour le défrichage la femme âgée de 15 à 60 ans est considérée comme active à 75 % (pondération 0,75).

¹² se rapporter à la table de Norman.

Tableau 2.1 : Equivalent-producteur

Activités	catégories et classes d'âges (an)			
	Enfant 0-7	Jeune 8-14	Homme 15-60	Femme 15-60
Défrichage	0	0,5	1	0,75
Semis	0	1	1	1
Sarclage	0	0,5	1	0,75
Récolte	0	0,5	1	1

Source: Norman (1973) Nigéria, adapté par Biaou (1991) à notre milieu d'étude.

Le coût de la main-d'oeuvre

Le travail du chef de ménage et des membres du ménage est souvent trop oublié bien qu'il soit évident que toute peine mérite salaire. Dans cette étude les coûts liés à ce facteur ont été calculés sur la base de la rémunération par homme-heure de la main-d'oeuvre salariée correspondante en espèce ou en nature. La rémunération moyenne des activités agricoles (défrichage, semis, sarclage, récolte) par homme-heure, calculée à partir des rémunérations à la tâche (400 m² de terre) est de 87 fcfa¹³ dans la région.

Dans une seconde hypothèse, on ne tient pas compte des coûts de la main-d'oeuvre familiale, on considère que cette main-d'oeuvre se rémunère par le profit.

La mesure des superficies des parcelles agricoles

Nous avons utilisé un programme informatique dans le langage *basic* (learning and using microsoft quickbasic, code du document : 410700001-400-R02-1087) pour calculer les superficies . Pour la collecte des données, nous nous sommes servi d'un ruban-mètre et d'une boussole pour mesurer les dimensions de tous les champs et l'angle que chacun d'eux fait avec le Nord magnétique. Ces mesures ont été effectuées

¹³ estimations faites à partir des données de l'enquête.

à un moment où la délimitation des parcelles est nette, c'est-à-dire pendant la phase d'entretien des champs.

Le coût de la terre

Pour les terres en propriété nous avons calculé le coût d'un fermage; ainsi toutes les exploitations sont supposées être dans la même situation, ce qui permet de les comparer entre elles. Les coûts de la terre ont été évalués sur la base des loyers pratiqués dans la région pour des champs de surface équivalente situés sur des terres comparables.

Dans une seconde hypothèse, on négligera ce coût en supposant que la terre se rémunère par le profit.

Les coûts des semences

Les semences du maïs (*Zea mays*) proviennent du stock ou du marché. Les coûts liés à leur utilisation sont évalués au prix du marché de la période de semis.

Les semences de mucuna et les plants d'acacia et de leucaena sont gratuitement offertes au paysan par le projet-RAMR. Cependant, nous avons évalué les coûts liés à leur utilisation au prix du marché local (50 fcfa / kg) pour les graines de mucuna, et au prix dans les pépinières (15 fcfa / plant) pour les plants.

L'évaluation de la récolte par les carrés de rendements.

Le carré est un échantillon représentatif d'une parcelle qui sert à collecter des informations pour le calcul des rendements. En conséquence, sa localisation requiert une attention particulière. Par rapport à l'hétérogénéité de la parcelle, un à plusieurs carrés de rendement de 25 m² ont été posés.

Le maïs récolté dans les carrés est pesé sous la forme d' "épis secs". Des coefficients de conversion préétablis sur le plateau Adja (Quenum,op. cit.) ont été utilisés pour convertir le poids de la récolte sous la forme d' "épis secs" en poids sous la forme de "grains secs" à un taux d'humidité constant. Le coefficient de conversion

de la forme en "spathes sèches de maïs" en la forme "grains conservables" est 0,56. Une extrapolation à la surface de la parcelle et à l'hectare permet de trouver la production et le rendement.

Les instruments utilisés sont la corde, le peson à ressort et des sacs en plastique à usage unique.

Prix utilisé dans le calcul du revenu.

Les paysans de nos deux villages fréquentent le marché d'Azové sur lequel ils vendent la grande partie de leur production de maïs les mois de juin, juillet, août et septembre. Sur ce marché, la différence entre le prix au producteur et le prix au consommateur réside dans l'embrassée¹⁴ de l'unité de mesure locale. Une enquête de prix faite sur 20 producteurs-vendeurs et 20 revendeurs sur le marché d'Azové a montré que le coefficient moyen de conversion du prix au consommateur en prix au producteur est de 0,837 (nos propres estimations, 1994).

Au CARDER-Mono, les prix moyens mensuels au consommateur du maïs sur le marché d'Azové sont disponibles sur au moins 8 ans. Sur la base de ces informations, nous avons calculé le prix moyen au producteur espéré au cours des 8 dernières années.

Mesure des pentes.

On recherche visuellement la plus grande pente de la parcelle. Ensuite, on mesure son degré d'inclinaison à l'aide du clinomètre et sa longueur à l'aide du ruban-mètreur. Ces données sont utilisées dans le calcul de l'indice - pente de la parcelle.

¹⁴ Une mesure sans embrassée a un poids inférieur à une mesure avec embrassée. La différence réside dans le contenu des bras et des mains soutenant l'instrument de mesure local et la manière de ramasser le produit.

2.4.4 Description de l'expérimentation sur la conservation du sol.

Les technologies utilisées sont :

- **Le système de couloirs** à base du leucaena et du gliricidia, qui vise à relever et stabiliser la fertilité des sols médiocres (où le rendement de maïs varie de 500 à 800 kg / ha)
- **Le système à base de jachère mucuna et le système à base de jachère d'acacia**, qui visent à restaurer la fertilité des sols très pauvres (où le rendement de maïs varie de 0 à 500 kg / ha).

Au niveau de chacune d'elles, on a des blocs de quatre parcelles-essais correspondant à quatre traitements différents :

- ▶ traitement 1 : [variété améliorée de maïs] x [dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_{14,23,14}].
- ▶ traitement 2 : [variété améliorée de maïs] x [sans d'engrais].
- ▶ traitement 3 : [variété locale de maïs] x [dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_{14,23,14}].
- ▶ traitement 4 : [variété locale de maïs] x [sans d'engrais]

Des blocs à quatre parcelles correspondant aux mêmes traitements que précédemment et ayant le même passé d'exploitation ont été choisis par le paysan pour servir de témoins aux blocs sur lesquels les technologies améliorées ont été introduites.

2.4.5 Esquisse du dispositif d'expérimentation en milieu réel paysan et présentation des systèmes de culture.

Blocs système couloirs, ou jachère à base de mucuna ou d' acacia		
Application d'engrais NPK _{14/23/14} à	Variété de maïs utilisée	
une dose de (en kg/ha) :	hybride NH2	locale
100	parcelle 1	parcelle 3
0	parcelle 2	parcelle 4

Pratiques traditionnelles, blocs témoins des systèmes couloirs, ou jachère mucuna ou à jachère acacia		
Application d'engrais NPK _{14/23/14} à	Variété de maïs utilisée	
une dose de (en kg/ha) :	hybride NH2	locale
100	parcelle 1	parcelle 3
0	parcelle 2	parcelle 4

Culture en couloirs :

L'agriculture en couloirs est un système agro-forestier où des haies de légumineuses ligneuses sont plantées en ligne ou en bande. Deux haies consécutives, à écartement variant de 4 à 5 mètres, délimite un couloir dans lequel les cultures sont plantées. Les arbres sont régulièrement taillés surtout en période de cultures pour empêcher l'ombrage et la concurrence avec les cultures saisonnières. Les émondes sont utilisées à la fois pour fertiliser le sol et pour alimenter le bétail. La production de bois de chauffe est possible lorsque des jachères d'un à deux ans sont faites (Atta-kra, 1990). Une fois installés les couloirs peuvent être exploités pendant 10 ans avant d'être renouvelés (ICRAF, 1988 : rapporté par le projet-RAMR, 1993). Le système ainsi décrit est davantage plus efficace lorsqu' on fait tourner en son sein une rotation judicieuse (conversation personnelle avec A. H. Azontondé, 1993).

Dans notre cas, une allée est formée d'une haie de leucaena et d'une haie de Gliricidia et a une largeur de 5 m ; sur une haie, l'écartement entre les plants est de 12,5 cm ; ce qui donne une densité de 16 000 plants / ha. Les plantes sont taillées à 0,60 m. Afin d'atténuer plus tard l'effet de l'ombrage, les lignes sont orientées dans le sens est-ouest lorsque la pente est faible. Si la pente est forte, on installe les haies suivant les courbes de niveaux afin d'arrêter l'érosion. Le maïs est semé à un écartement de 0,8 m entre lignes et 0,4 m sur ligne soit 5 lignes par allée.

Le système de jachère à base de mucuna :

Ce système consiste à semer, au début de la 1ère saison agricole, le mucuna à un écartement de 0,8 m X 0,4 m à raison de 2 graines par poquet, soit 30 kg/ha. Le mucuna couvre la parcelle et y reste jusqu'à la fin de la 2ème saison agricole. L'année suivante, on sème le maïs dans le paillis¹⁵. La fertilité acquise est plus ou moins stabilisée dans une rotation judicieuse de culture où la jachère mucuna réapparaît trois années plus tard (IITA, 1991).

Le système de jachère à base d'acacia :

Ce système consiste à planter des acacia à la densité de 2600 plants à l'hectare, soit un écartement de 2,4 m X 1,6 m sur une parcelle. L'exploitation de la parcelle commence 2,5 à 3 ans plus tard. Elle consiste à réduire la densité de moitié en éliminant une ligne sur deux, tailler le reste des acacia à 0,80 m au-dessus du sol. Le système se trouve ainsi transformé en une sorte de système en couloirs. On y sème du maïs. Pour stabiliser la fertilité, on y pratique une rotation stabilisante.

¹⁵Ici le paillis est l'ensemble des plantes de mucuna vivants ou morts utilisés pour couvrir la surface du sol dans l'objectif de le fertiliser, de le protéger contre l'impact des précipitations et de contrôler les adventices et les pertes en eau.

2.4.6 Définition de quelques concepts utilisés dans le document.

2.4.6.1 Le ménage

Dans le cadre de notre étude, un ménage est constitué par les époux, les enfants non mariés et des personnes à charge. Il représente une unité de production et de consommation; lesquels peuvent se subdiviser en des sous-unités. Il représente une unité d'habitation et comporte autant d'unités budgétaires que de sous-unités de consommation ou de cuisine.¹⁶

2.4.6.2 L'exploitation agricole

C'est toute terre utilisée entièrement ou en partie pour la production agricole, et qui considérée comme une unité économique est exploitée par une personne seule ou accompagnée d'autres personnes indépendamment du titre de propriété, du mode juridique, de la taille ou de l'emplacement (FAO, 1984) cité dans le mémento de l'agronome (édition de 1990). L'unité de production est le ménage agricole.

2.4.6.3 La parcelle

C'est une portion de terre sur laquelle est pratiquée un seul système de culture. Une ou plusieurs parcelles contiguës, appartenant à la même personne constitue un champ.

¹⁶ Source : Mémento de l'agronome, 1990. définition adaptée à notre région d'étude.

2.4.6.4 La fertilité

Deux définitions sont possibles :

- ▶ D'après la première, la fertilité d'un sol se mesure aux rendements qu'il produit effectivement. Selon cette définition, un sol ayant des capacités productives, mais dont les rendements se sont affaiblis par suite des aléas climatiques de la campagne étudiée, est classé pauvre.
- ▶ D'après la deuxième, la fertilité d'un sol se mesure par son aptitude à produire et donc ce qu'il produit lorsque les conditions climatiques et biologiques sont acceptables.

Dans cette étude, la deuxième définition a été retenue pour tenir compte de la teneur en éléments fertilisants réels contenus dans le sol.

Après cette section qui expose le cadre méthodologique dans lequel s'insère la présente étude, nous allons aborder dans la section suivante l'analyse des caractéristiques de l'exploitation agricole. Cette analyse est indispensable car elle permet d'argumenter efficacement les discussions au niveau des résultats de l'analyse économique proprement dite.

3.ANALYSE DESCRIPTIVE DES CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

L'évaluation d'un système d'exploitation permet de mieux le connaître et constitue un préalable à la prédiction des réactions du paysan face à des changements socio-économiques. Elle favorise la mise au point des politiques et des programmes de développement en accord avec les objectifs de l'Etat et du paysan, permettant ainsi une meilleure adéquation entre les solutions proposées et les besoins du paysan. Elle s'inscrit donc parfaitement dans le cadre de l'évaluation économique des systèmes de conservation du sol.

Après un bref rappel des travaux antérieurs, nous allons présenter et discuter les caractéristiques du paysan, du système d'exploitation agricole et de la campagne agricole 1993-1994.

3.1 Travaux antérieurs

L'analyse des centres de décision du ménage paysan, et les caractéristiques générales de l'exploitation agricole ont fait l'objet de travaux de recherche sur le plateau Adja (Quenum, op. cit ; Biauou, 1991). Ces travaux se sont assez bien appesantis sur l'analyse socio-économique, de sorte que la présente étude va s'étendre, au mieux, sur l'actualisation de certaines des caractéristiques, notamment celles qui sont déterminantes dans la définition des domaines de recommandations liés à la conservation des ressources foncières.

3.2 Résultats des analyses

Les caractéristiques du ménage ont été analysées aux moyens de tableaux de fréquence, de tableaux croisés, et des paramètres de position et de dispersion.

3.2.1 Caractéristiques de la population étudiée

L'analyse des facteurs, tels que la répartition de la population par âge et par sexe, la fraction de la population vivant en permanence dans les villages et leurs niveaux d'instruction fait l'objet de cette section.

3.2.1.1 Répartition par sexe et par âge

Les pyramides des âges des figures 2 et 3 (dérivées du tableau-1 de l'annexe 4), indiquent que la population dans la tranche d'âge allant de 0 à 30 ans représente respectivement 80 et 70 % dans les villages de Zouzouvou et d'Eglimé. Il s'agit de populations très jeunes avec une pyramide des âges large à la base et pointue au sommet. Ce qui signifie, que la population active appartenant, par exemple, à la tranche d'âge allant de 15 à 60 ans, soit 47 % à Zouzouvou et 42 % à Eglimé, devront assurer la nourriture de l'ensemble.

Par rapport au sexe, 48 % et 46 % de la population sont masculins respectivement à Zouzouvou et Eglimé, ce qui indique une répartition à peu près identique entre les deux sexes et le rôle important que la femme peut jouer, pour compléter l'homme, dans les activités en milieu rural. L'évidence de ce rôle apparaît davantage à travers l'analyse de l'effectif numérique par sexe dans la tranche d'âge de 15 à 60 ans. A Zouzouvou, les femmes de cette catégorie représentent 51 % de la population totale contre 42 % d'hommes (figure 2 et tableau 1 de l'annexe 4) ; à Eglimé, elles représentent 47 % de la population contre 36 % d'hommes (figure 3 et

tableau 1 de l'annexe 4). La population de plus de 50 ans représente 9 % de la population à Zouzouvou contre 2 % à Eglimé ; ce qui indique que l'espérance de vie dans cette région est en dessous de 50 ans et pourrait s'améliorer avec une production agricole plus importante et durable.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

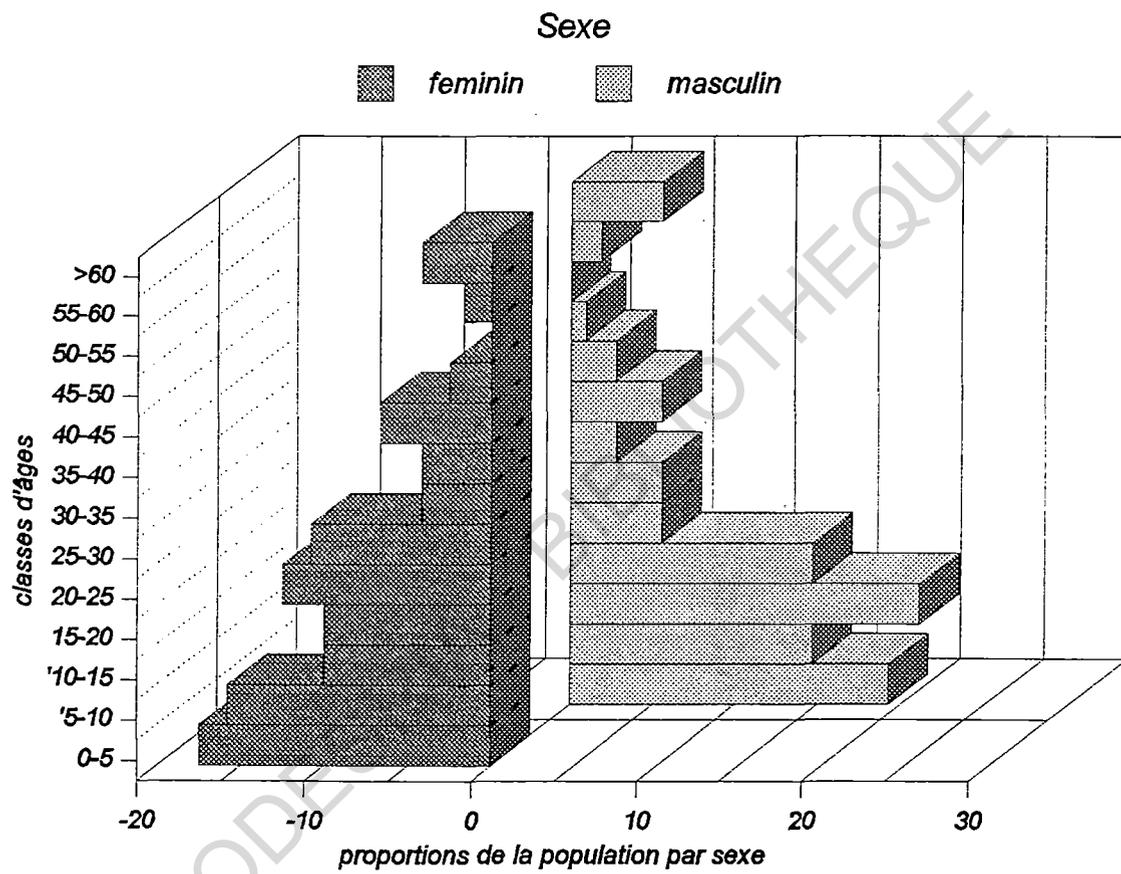


FIGURE 2 : Répartition de la population par âge et sexe. Village de Zouzovou, 1994 (taille de l'échantillon : 229).

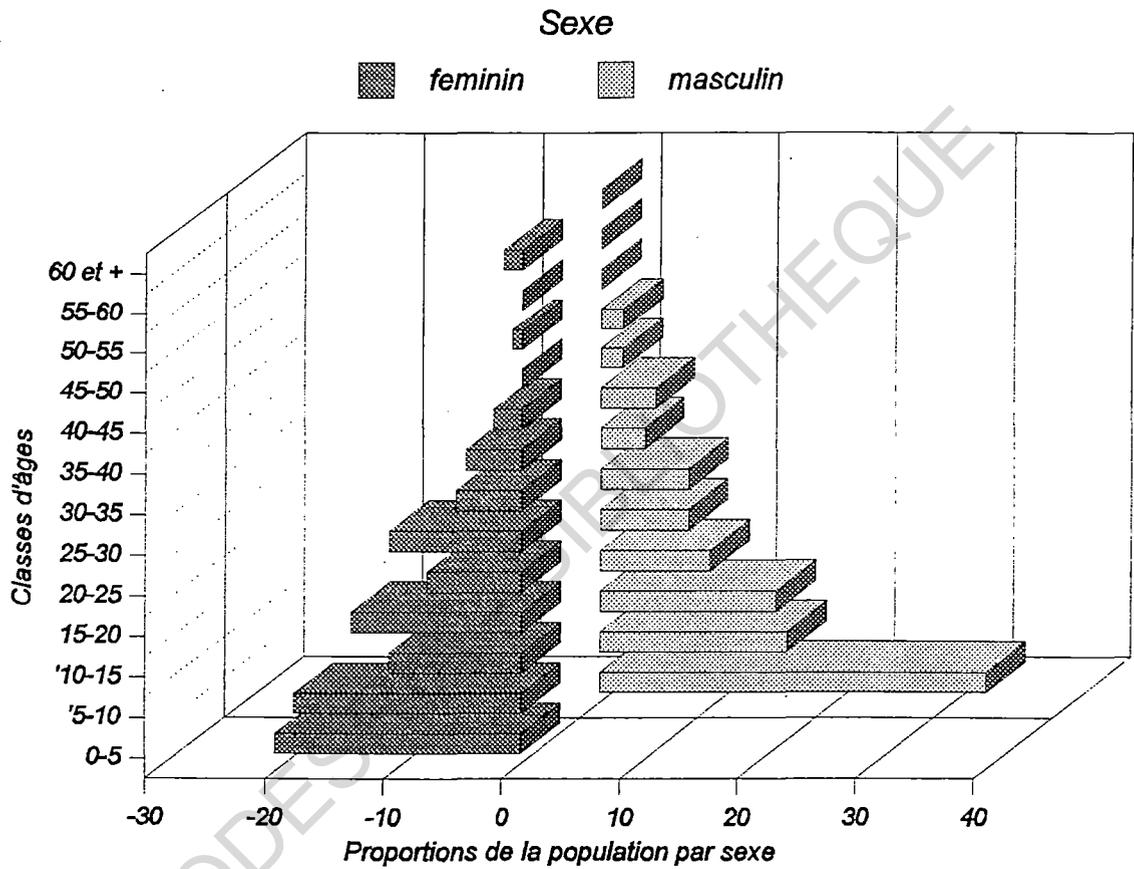


FIGURE 3 : Répartition de la population par âge et par sexe. Village d'Eglimé (taille de l'échantillon : 232).

3.2.1.2 Statut de la population

Le tableau 3.1 indique que 99 % de la population à Zouzouvou et 94 % à Eglime vivent de façon permanente au village pendant toute l'année. Ils se livrent principalement à l'agriculture pendant les saisons pluvieuses et à la transformation des produits agricoles pendant les saisons sèches. Il montre aussi que le pourcentage de femmes permanentes au village dans l'année est voisin de 100 % et est plus élevé que celui des hommes. Dans la catégorie des paysans temporaires au village, les hommes représentent les 100 % à Zouzouvou et les 83% (soit 5 / 6) à Eglime; dans ce groupe qui compte surtout des élèves, des pêcheurs, des chasseurs, les gens âgés de 15 de 30 ans sont prépondérants.

Tableau 3.1 : Statut de la population (%) par village et par sexe

Village	Sexe	Statut de la population		Total (%)
		Permanente	Temporaire	
Eglime	masculin	41	5	100
	féminin	53	1	
Zouzouvou	masculin	47	1	100
	féminin	52	0	

Sources : Nos propres estimations, 1994.

3.2.1.3 Niveau d'instruction

80 à 92 % de la population respectivement dans les villages de Zouzouvou et d'Eglime n'ont jamais été à l'école (tableau 3.2). Ce taux est plus élevé pour le sexe féminin ; à Zouzouvou, parmi les 52 % de la population féminine totale, 50% n'ont jamais été scolarisés, 1 % ont été à l'école que pendant 1 an et 1 % pendant 3 ans ; A Eglime aucune femme n'a été à l'école. Sur les hommes pour lesquels le taux de scolarisation est, en général, plus élevé, les statistiques sont insignifiantes ; à

Zouzouvou, 2 % seulement ont été à l'école pendant au moins 7 ans, contre zéro à Eglime. Il ressort que le niveau de scolarisation de la population est très bas et peut constituer un handicap pour l'application d'éventuels programmes de formation dans le monde rural Adja.

Tableau 3.2 : Niveau d'instruction de la population (%) par village et par sexe.

Village	sexe	Nombre d'année à l'école								total (%)
		0	1	2	3	4	5	6	>7	
Eglime	masculin	38	1	1	1	1	1	3	0	100
	féminin	54	0	0	0	0	0	0	0	
Zouzouvou	masculin	30	1	4	5	2	3	2	2	100
	féminin	50	1	0	1	0	0	0	0	

Sources : Nos propres estimations, 1994.

3.2.2 Les caractéristiques du ménage paysan

Elles sont présentées dans les tableaux 3.3 et 3.4 qui donnent des indications sur la taille du ménage, l'âge du chef de ménage, le nombre d'épouses du chef de ménage et le nombre d'actifs par ménage.

La taille moyenne du ménage est de 11 à Eglime et de 13 à Zouzouvou. Ces valeurs sont largement supérieures à la moyenne départementale qui est de 7 (CARDER-Mono, 1992). Ceci traduit aussi, la densité de population élevée, dans la zone d'étude. Sept et six personnes par ménage moyen respectivement à Zouzouvou et à Eglime sont des actifs agricoles, à qui il incombe d'assurer les besoins alimentaires de base et les autres besoins socio-économiques des membres du ménage. Dans le cas particulier du village de Zouzouvou, toute proportion gardée, on note un accroissement de 86 % de la taille du ménage et de 133 % du nombre d'actifs

agricoles par rapport à l'année 1988¹⁷. On trouve, par contre, à propos de la même comparaison, une réduction de 20 % de la taille moyenne de l'exploitation.

Tableau 3.3 : Caractéristiques du ménage paysan moyen à Zouzouvou

Paramètres	Taille du ménage	Age du chef de ménage	Nombre d'épouses	Nombre d'actifs
Moyenne	12,5	52	1,9	6,8
Médiane	12	45	2	6,8
Minimum	2	32	0	1,3
Maximum	25	84	4	12,5
Ecart-type	4,8	15,5	1,1	2,8
Ecart moyen	0,4	0,3	0,6	0,4

Source : les données de l'enquête, 1993.

Les tableaux 3.3 et 3.4 montrent par ailleurs que le nombre moyen d'épouses, par chef de ménage, est plus élevé à Eglime où la taille de l'exploitation agricole est également plus élevée (tableau 3.5).

Tableau 3.4 : Caractéristiques du ménage paysan moyen à Eglime

Paramètres	Taille du ménage	Age du chef de ménage	Nombre d'épouses	Nombre d'actifs
Moyenne	11	38	2,5	5,4
Médiane	10	40	2	4,5
Minimum	1	22	1	0,5
Maximum	33	70	6	18,5
Ecart-type	6,8	11,7	1,2	3,9
Ecart moyen	0,6	0,3	0,6	0,7

Source : données de l'enquête, 1993.

¹⁷ D'après les Projets UNB/UVA/ER et UNB/LUW/SVR (1988, non publié), à Zouzouvou la taille moyenne du ménage était de sept, celle des actifs agricoles de trois et celle de l'exploitation agricole (S.A.U) de 2,5 ha.

3.2.3 Les caractéristiques de l'exploitation

Les analyses descriptives de cette section sont relatives à la taille de l'exploitation, à son morcellement et à sa topographie, et enfin aux techniques de production pratiquées.

3.2.3.1 La taille de l'exploitation

A Zouzouvou, 53 % des exploitations ont une taille inférieure à 2 hectares. La taille moyenne égale à 2 hectares est de 20 % inférieure à l'estimation de 1988. Par rapport aux ménages enquêtés, elle varie d'un minimum de 0,4 à un maximum de 4,5 hectares (tableau 3.5).

A Eglimé, les exploitations agricoles sont plus grandes de taille. 76 % d'entre elles ont une taille supérieure à 3 ha et seulement 14 % ont moins d'un hectare. La différence critique entre les 2 villages se trouve au niveau de la superficie par actif qui est de 0,3 à Zouzouvou contre un ha à Eglimé; soit trois fois plus de disponibilité de terre par actif productif.(Tableau 3.5).

Tableau 3.5 : Répartition (%) des exploitations en fonction de leurs tailles.

classes de taille de l'exploitation	Zouzouvou	Eglime
jusqu'à 2 ha	53	14
entre 2 et 3 ha	16	10
plus de 3 ha	31	76

Source : les données de l'enquête, 1993.

3.2.3.2 Le morcellement de l'exploitation agricole et l'éloignement des champs

A Zouzouvou, l'exploitation agricole médiane de 2 hectares est composée de 6 champs (soit 33 ares en moyenne par champ) tandis qu'à Eglimé elle est de 5 hectares et comprend 9 champs (soit 55 ares en moyenne par champ). Les champs sont dispersés à l'intérieur des limites géographiques des villages mais aussi en dehors. De façon général, on constate que le morcellement de l'exploitation est plus accentué à Eglimé par rapport à Zouzouvou bien que les champs y soient de taille plus grande (tableaux 3.6 et 3.7). Cette situation présente pour le paysan des avantages et des inconvénients. Au titre des avantages cette dispersion des champs dans l'espace permet au paysan d'avoir accès à une variété de qualités de terre et de micro-climats. Cette diversité pédologique et climatique tend à réduire les risques physiques liés à la production. Les inconvénients majeurs sont de deux ordres :

- la dispersion des champs rend difficiles les améliorations de la gestion du foncier tant bien au niveau des réformes qu'au niveau des institutions coutumières;
- elle demande au paysan beaucoup d'efforts de déplacement, des pertes de temps et peut par-là augmenter les coûts de production.

Tableau 3.6 : Morcellement de l'exploitation agricole à Eglimé

Paramètres	Nombre de champ	nombre de Parcelles	Tailles (en ha) exploitation
moyenne	9,6	15,6	5,6
médiane	9	15	5
écart-type	5	8	4,6
minimum	1	1	0,24
maximum	20	37	22,72

Source : les données de l'enquête, 1993.

Tableau 3.7 : Morcellement de l'exploitation agricole à Zouzouvou

Paramètre	Nombre de champs	Nombre de parcelles	Tailles (ha) exploitation
moyenne	6,5	16	2
médiane	6	14	2
écart-type	3	5	1,2
minimum	3	8	0,4
maximum	13	26	4,5

Source : les données de l'enquête, 1993.

Tableau 3.8 : Eloignement des champs du village , en kilomètre.

Paramètres	Zouzouvou	Eglime	Zouzouvou + Eglime
nombre de champ	137	209	346
moyenne	2,2	2	2,1
médiane	0,8	1,4	1,1
écart-type	3,2	2,8	2,9
minimum	0,1	0,05	0,05
maximum	20	35	35

Source : les données de l'enquête, 1993.

Sur le plan de l'éloignement des champs, à Zouzouvou, la distance qui sépare la résidence du paysan d'un de ses champs varie de 100 mètres à 20 kilomètres avec une médiane de 800 mètres alors qu'à Eglimé, cette distance va de 50 mètres à 35 kilomètres avec une médiane de 1400 mètres. Ce qui signifie qu'environ la moitié des champs et même plus dans le cas de Zouzouvou est localisée à peu près aux alentours des habitations.

3.2.3.3 La topographie des parcelles

A Zouzouvou, 67 % des parcelles sont de pente inférieure ou égale à 2 % (tableau 3.9) , ce qui laisse prévoir un taux d'érosion du sol relativement faible. La dégradation des sols dans ce village serait alors plus liée à la surexploitation du sol qu'à l'érosion hydraulique. L'érosion éolienne ne constitue pas un problème dans cette région.

A Eglimé, le relief est très accidenté avec des pentes pouvant atteindre 8 %. Les données du tableau 3.9 indiquent que 78 % des parcelles du village sont à pente de plus de 3 %. Malgré le niveau d'érosion plus avancé, la fertilité actuelle des sols d'Eglimé, bien que faible, est en général meilleure que celle des sols de Zouzouvou.

Tableau 3.9 : topographie des parcelles dans les villages

Classes de pentes sols	Zouzouvou		Eglimé	
	Nombre de parcelles	Pourcentage	Nombre de parcelles	Pourcentage
jusqu'à 2 %	199	67	33	11
entre 2 et 3 %	52	17,5	36	11
plus de 3 %	46	15,5	246	78
Total	297	100	315	100

Source: les données de l'enquête, 1993.

3.2.3.4 Les techniques de production

Le labour à plat et la fumure organique sont pratiqués par la quasi-totalité des paysans. La fumure minérale à faible dose est pratiquée dans les systèmes culturaux incluant le cotonnier. Dans les systèmes de cultures sans cotonnier, le paysan Adja n'utilise généralement pas d'engrais minéral.

Dans les deux villages, les principales rotations de cultures sont à base de maïs.

Tableau 3.10 : Pourcentage des terres dans les rotations à base de maïs

Villages	Principales rotations à base de maïs			
	maïs-maïs	maïs-arachide	maïs-niébé	maïs-coton
Zouzouvou	41	32	8	19
Eglime	18	6	48	28

Source : les données de l'enquête, 1993.

A Zouzouvou, les principales rotations culturales observées pendant la campagne agricole 1993-1994 sont : la rotation maïs-maïs sur 41 % des champs ; la rotation maïs-arachide sur 32 % des champs et la rotation maïs-coton sur 19 % des champs. A Eglimé, les rotations culturales les plus rencontrées sont : la rotation maïs-niébé sur 48 % des champs, et les rotations maïs-coton sur 28 % et maïs-maïs sur 18 % des champs (tableau 3.10).

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

3.2.3.5 Le mode de faire-valoir de la terre et investissement agricole

Trois groupes de mode de faire-valoir des terres sont rencontrés sur le plateau Adja:

■ Les modes de faire-valoir directs

Dans ce groupe, on rencontre l'héritage partagé¹⁸, l'achat et le don. Le tableau 3.11 indique que ce mode est pratiqué par 29 % des exploitants à Zouzouvou et par 13 % à Eglimé. L'exploitant bénéficie du droit d'*usus* et d'*alienus* sur la terre et n'est pas limité dans sa décision à adopter ou non une technologie par rapport à la tenure. Il peut par exemple planter des cultures pérennes pendant plusieurs années.

■ b) Les modes de faire-valoir indirects

Ils comprennent le métayage¹⁹ et le fermage²⁰ qui représentent selon le tableau 3.11, 26 et 11 %, respectivement à Zouzouvou et à Eglime. Seul l'exploitant détient d'un droit d'*usus* sur la parcelle. Ce droit peut durer de 1 à 3 ans dans le cas du métayage, et 3 à 8 ans pour le fermage. Les contrats sont passés entre l'exploitant et le propriétaire et ne font pas intervenir une autorité locale. En conséquence, avant

¹⁸ Après la mort d'un chef de ménage, les fils (hommes) se regroupent sous l'autorité de l'aîné pour partager son domaine foncier. Mais le partage n'a lieu généralement qu'après quelques années, le temps que toutes les cérémonies du défunt soient terminées. C'est ce que nous appelons héritage partagé par opposition à l'héritage non partagé.

¹⁹ La forme prédominante est celle dans laquelle le métayer fournit les semences et partage les produits de la récolte dans les rapports de 2/3 et 1/3 entre lui et le propriétaire.

²⁰ Le loyer revient à un coût moyen de 16000 fcfa/ha/an. Le fermier doit verser la totalité du loyer par rapport au nombre d'années qu'il désire, avant d'obtenir du propriétaire le droit d'*usus*.

même le terme du contrat, des conflits sont possibles entre les deux parties. Pour ces raisons, il est difficile à l'exploitant de pratiquer des technologies à incidence sur le long terme. Avec le métayage, la plantation d'arbres est strictement interdite, mais avec le fermage, bien qu'il ne soit pas possible de planter sans le consentement du propriétaire foncier, il existe des variantes avec des possibilités de contrats, le seul cas rencontré jusqu'à présent est le **contrat palmier** discuté dans la sous-section suivante.

■ c) Les modes de faire-valoir singuliers

On a regroupé sous ce terme, les autres formes de tenure rencontrés dans la région et qui ont des ressemblances avec les formes directes et indirectes de faire-valoir des terres. Ces formes ne sont pas associées avec un droit d'*alienus* sur la terre. Il s'agit :

- ▶ de l'emprunt de champ à un membre du ménage ou à une tierce-personne par le chef du ménage ou un autre membre ;
- ▶ l'héritage non partagé²¹ ;
- ▶ le contrat palmier²² qui consiste pour l'exploitant à acheter une palmeraie, et à l'exploiter pendant 8 à 13 ans, c'est-à-dire sur toute la période végétative du palmier. Après l'exploitation de la palmeraie, le champ est retourné à son propriétaire.

Ces formes de tenures représentent, par rapport à l'exploitation agricole, 45% à Zouzouvou et 70 % à Eglimé (tableau 3.11). Du fait qu'elles sont à mi-chemin entre

²¹Il s'agit des terres exploitées, non encore partagées, appartenant à un propriétaire défunt.

²²Le prix d'achat varie entre 70 000 et 160 000 Fcfa/ ha pour toutes les campagnes d'exploitation de la palmeraie.

les formes directes et indirectes elles seraient plus aptes à des changements par rapport au métayage et au fermage à l'état pur.

Tableau 3.11 : Répartition (%) de l'exploitation agricole par mode de faire-valoir des terres.

Modes de faire-valoir de la terre	Zouzouvou	Eglimé
Directs :		
Héritage partagé	16	8
Achat	13	0
Don	0	5
<u>Total</u>	29	13
Indirects :		
Métayage	8	0
Fermage	18	11
<u>Total</u>	26	11
Singuliers :		
contrat palmier	2	13
prêt à un tiers	33	32
prêt à 1 membre	4	7
Héritage non partagé	6	18
<u>Total</u>	45	70

Source : les données de l'enquête, 1993.

3.2.3.6 La contribution des différents types de main-d'oeuvre au travail agricole

Le type de main-d'oeuvre le plus utilisé dans la région est la main-d'oeuvre familiale; le tableau 3.12 indique qu'elle représente 98 % à Zouzouvou et 88 % à Eglime . On distingue la main-d'oeuvre familiale directe qui utilise les membres du ménage de la main-d'oeuvre familiale indirecte qui se présente sous la forme d'aide ou d'entraide. La distinction entre aide et entraide est que le travail accompli par un aide (il s'agit très souvent d'un membre de la famille élargie qui n'appartient pas au

ménage agricole restreint) est gratuit et sans aucune compensation, alors que l'entraide est caractérisé par un échange de travail, entre plusieurs personnes organisées en un groupe solidaire. Il résulte que la grande partie du travail agricole provient des membres de la famille qui ne sont pas directement payés mais qui reçoivent en réalité, de manière implicite, des salaires qu'on peut caractériser d'impayés. Par exemple, un actif agricole célibataire, âgé de 15 ans, membre d'un ménage, et qui accomplit des travaux agricoles dans l'exploitation du chef du ménage ne reçoit aucune contrepartie en monnaie ou en nature ; cependant, par le fait qu'il vit dans le ménage, il est nourri, logé, habillé et soigné par le chef ou ses épouses. Le coût de revient de cette prise en charge représente le salaire impayé. On utilise souvent le salaire payé à la main-d'oeuvre salariée comme coût d'option du salaire (impayé) de la main-d'oeuvre familiale. La main-d'oeuvre familiale est un facteur fixe difficilement compressible dont les coûts pèsent considérablement sur le budget de production.

Tableau 3.12 : Contribution (%) des différentes catégories de main-d'oeuvre au travail agricole.

Types de main-d'oeuvre	Zouzouvou	Eglime
Main-d'oeuvre familiale	11	13
Entraide	65	73
Aide (sans contrepartie)	22	2
<u>sous total</u>	98	88
Main-d'oeuvre salariée	2	12

Source : les données de l'enquête, 1993.

Par ailleurs, le niveau relativement bas de l'emploi de la main-d'oeuvre salariée, 2 % à Zouzouvou et 12 % à Eglime (tableau 3.12), signifie que le travail ne constitue pas toujours une contrainte majeure, et que des technologies nécessitant une main-d'oeuvre additionnelle pourraient y trouver leur part.

3.2.3.7 Investissement et crédit agricole au cours des cinq dernières années²³.

La proportion des ménages ayant bénéficié de crédit canalisés dans l'agriculture, ces 5 dernières années, est de 30 % à Zouzouvou et de 39 % à Eglimé (nos propres estimations, 1994 : basée sur les données collectées) . Les paysans ayant bénéficié de ces crédits les ont obtenu à des sources et taux d'intérêt divers.

Parmi eux à Zouzouvou on note :

- ▶ 50 % ont obtenu le crédit auprès de la CLCAM (Caisse Locale de Crédit Agricole) au taux d'intérêt annuel de 24 % ; le crédit est principalement utilisé dans la production du coton et doit être remboursé après la campagne du coton pendant la phase de commercialisation ; le montant du prêt varie de 25.000 fcfa à 40.000 fcfa et le délai de remboursement s'étend de 9 mois à un maximum d'un an. Les paysans ont estimé que ce taux d'intérêt pratiqué est intéressant et les arrange.
- ▶ 33 % ont obtenu le crédit auprès des usuriers à un taux d'interêt annuel variant de 150 à 240 % (le taux usuraire) selon la solvabilité de l'emprunteur, l'urgence du prêt et l'importance du montant. Le montant du prêt varie de 2.000 fcfa à 5.000 fcfa et le délai de récupération de 3 mois à 6 mois. On enregistre dans ce mode de crédit informel des taux d'impayés assez élevés qui obligent l'emprunteur, lorsqu'il ne s'est pas enfui, à exécuter du travail agricole en remboursement de l'emprunt. Le paysan-emprunteur estime que ce taux est très élevé et ne lui permet pas d'améliorer ses conditions de vie.
- ▶ 17 % ont obtenu des crédits de 5.000 fcfa au plus, remboursables dans un délai maximum d'un an sans intérêt, auprès d'un parent.

²³Les données utilisées dans ce paragraphe proviennent de celles collectées au cours de l'enquête.

Enfin dans ce village, parmi les paysans n'ayant pas bénéficié d'un crédit durant les cinq dernières années :

- ▶ 33 % ont évité d'avoir recours au crédit parce qu'ils ne sont pas sûrs de pouvoir le rembourser à temps ;
- ▶ 42 % estiment n'avoir pas besoin d'un crédit agricole étant donné leur autonomie en main-d'oeuvre familiale pour assurer les principales activités culturelles ;
- ▶ enfin, 16 % parmi eux estiment avoir besoin du crédit sans pouvoir y accéder.

A Eglime, les paysans qui ont bénéficié de crédit au cours des 5 dernières années, l'ont obtenu auprès des voisins à un taux annuel de 30 % et à la condition de mettre en gage une parcelle de terre; pour limiter les conflits éventuels entre le prêteur et emprunteur, l'autorité locale (le chef du village) est pris à témoin dans les contrats. Le montant du prêt varie de 30.000 à 80.000 fcfa et son délai maximum de remboursement est d'un an . Le paysan estime que le montant remboursé l'arrange étant donné les taux d'intérêts très élevés pratiqués par les usuriers.

Parmi les paysans d'Eglime n'ayant pas bénéficié de crédit au cours de ces cinq dernières années :

- ▶ 33 % estiment qu'ils n'en éprouvent pas le besoin,
- ▶ 33 % pensent qu'ils ne sont pas sûrs de pouvoir rembourser,
- ▶ et 34 % estiment avoir besoin du crédit sans pouvoir y accéder ; la plupart de ces répondants ont des moyens financiers et ne sont pas crédibles.

Par ailleurs, on remarque aussi dans cette région la tontine est généralement investie dans les activités non-agricoles. Ce crédit sert à acquérir des palmeraies, à construire des citernes d'eau, à faire des cérémonies, et à payer la dot de mariage. Les principales sources de financement de la tontine vont aux activités de transformation des produits agricoles et de l'agriculture.

3.2.4 Caractéristiques de la campagne étudiée

3.2.4.1 Les caractéristiques naturelles

Au cours de la grande et de la petite saison agricole de 1993, les conditions météorologiques n'ont pas été favorables à la culture du maïs, étant donné son exigence en eau. La période, la plus critique, à cet égard se situe au moment de la floraison et immédiatement après celle-ci. Durant la grande saison agricole de 1993, les pluies se sont interrompues sur la deuxième décennie des mois de mai et de juin. Or cette période correspond au stade critique du maïs en eau. Conséquence, le rendement du maïs s'est fortement réduit en 1993. Le bas niveau de rendement réalisé pour le maïs reflète la pluviosité de l'année 1993 et non le niveau de fertilité du sol. De façon générale, quelque soit le niveau de fertilité du sol, les rendements des cultures sont bas lorsqu'il y a un déficit hydrique. Ainsi, pour apprécier à juste titre, le niveau de fertilité du sol, il faut que la culture-test soit arrosée plus ou moins convenablement, surtout aux stades critiques de son développement. Ceci conduit nécessairement à faire une biosimulation des rendements de la culture-test si l'on tient à les utiliser comme des indicateurs ou des clignotants de la fertilité du sol. La bio-simulation serait aisée, étant donnée qu'il existe dans la région, des données de production sur les années antérieures (1990, 1991 et 1992) relatives aux technologies étudiées. Ces années précédentes n'ont pas été affectées par une irrégularité des pluies semblable à celle de l'année 1993.

Au total, à Zouzouvou, 371 mm de précipitations atmosphériques ont été enregistrés au cours de la grande saison agricole et 915 mm durant la campagne agricole (comprend la grande et la petite saison agricole) de 1993. L'écart par rapport à la moyenne de la période allant de 1982 à 1992 est de -78 mm.

Le rendement du maïs, au niveau départemental, est resté dans la fourchette de 650 et 800 kg / ha sur les cinq dernières années.

3.2.4.2 Les caractéristiques économiques

La figure 4 montre que le niveau du prix / kg de maïs reçu par le producteur pendant la campagne 1993 est en général bas par comparaison aux recettes unitaires des campagnes agricoles précédentes depuis 1986. Dans le même temps, le niveau du prix au producteur par kilogramme de maïs pendant la période de soudure de la campagne 1994 est plus bas que celui de la période 1986-1993. La cause fondamentale de ces tendances de prix est que le marché régional d'Azovê fréquenté par les paysans a accueilli, au cours de l'année 1993, une grande partie de la production du Togo voisin qui a maintenu les prix à des niveaux bas et constants. En effet, en 1993, l'instabilité politique au Togo a atteint un niveau avancé, au point où bon nombre d'acteurs de l'économie togolaise notamment les producteurs, se sont rabattus sur les pays limitrophes pour garantir leur sécurité. Au Bénin, ils étaient plus concentrés dans les régions frontalières, dont le département du Mono où le marché d'Azovê est le plus important. La figure 4 montre par ailleurs que, par rapport à l'année de base 1986, les prix au consommateur ont connu une fluctuation à la baisse comparée au prix au producteur. La raison est que, au fil des ans, l'embrassée des unités de mesure locale utilisées dans la commercialisation des produits agricoles diminue avec l'éveil progressif des paysans-producteurs qui ne permettent plus toujours les exagérations ; et puis la baisse des prix au producteur en 1991 serait probablement dû à la longue saison de soudure qui a précédé les récoltes ; l'effet de ceci est que, les besoins monétaires des paysans s'étaient accrus entre-temps, de sorte qu'à la commercialisation des produits agricoles, les collecteurs de produits agricoles (intermédiaires entre producteurs et commerçants) ont eu un pouvoir de marchandage plus élevé.

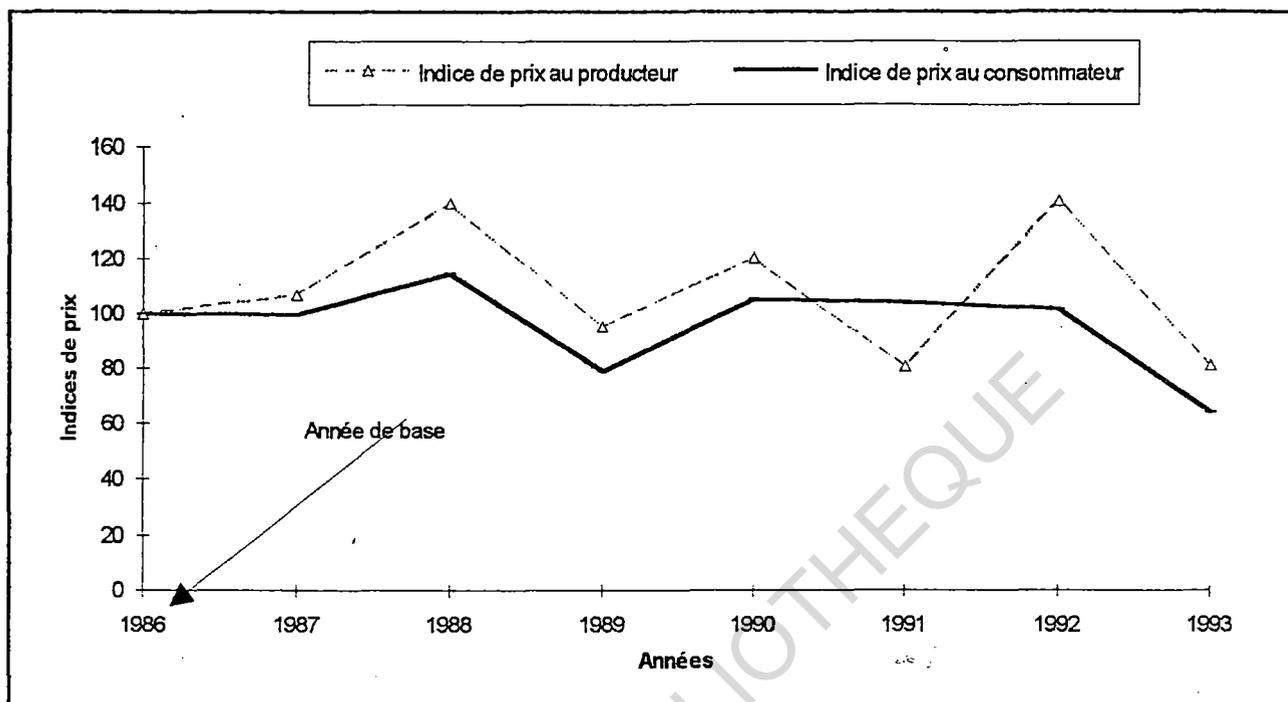


FIGURE 4 : Tendence des prix au producteur et au consommateur entre 1986 et 1993.

Au total, les caractéristiques de la campagne agricole étudiée ne permettent pas d'avoir des résultats satisfaisants sur les plans physiques et financiers. Et puis, de façon générale, cette description de l'exploitation agricole est utile dans la définition des domaines de recommandation, lesquels constituent un complément nécessaire à l'analyse de rentabilité économique qui sera présentée dans la suite du document.

4. ANALYSE DE RENTABILITE A COURT ET A MOYEN TERME DES SYSTEMES DE CONSERVATION DU SOL

L'expérimentation des technologies à base d'agro-foresterie ou de jachères améliorées dans le département du Mono au Bénin est destinée à l'amélioration durable des rendements physiques et économiques dans l'agriculture. L'analyse descriptive du chapitre précédent a fourni quelques informations sur les potentialités et les limitations de l'agriculture traditionnelle Adja et de la campagne étudiée. Ces informations permettent une meilleure interprétation des aspects financiers et économiques ainsi que des pratiques de conservation du sol, étudiés dans le présent chapitre et le suivant.

Nous présentons dans ce chapitre : le fondement théorique de la budgétisation, les méthodes d'estimations, les résultats statistiques, les résultats économiques, les interprétations agronomiques, l'analyse de sensibilité aux variations des paramètres clés, et enfin l'analyse des caractéristiques de risques des technologies. Pour des raisons de clarté, les paires de technologies (avec et sans pratique de conservation améliorée) sont analysées l'une après l'autre.

4.1 Le fondement théorique du modèle de budgétisation et la procédure d'estimation

Cette section comporte : le fondement théorique du modèle de budgétisation, le dessein de la procédure d'estimation, les aspects statistiques, les aspects économiques et les aspects stochastiques.

4.1.1 Le fondement théorique du modèle de budgétisation

La budgétisation est une des nombreuses approches utilisées dans l'analyse des choix alternatifs d'activités dans le processus de prise de décision au sein de l'exploitation agricole (Brown M. L. B., 1979 ; CIMMYT, 1988 ; Deuson et coll., 1983 ; Kay, 1986). Elle n'est cependant pas exempte de critiques comme la plupart des modèles d'analyse de la production agricole. Eicher et Baker (1984) attirent l'attention sur les principaux problèmes qui se posent lors de l'établissement des budgets à partir de données synchroniques. Ces problèmes sont :

- L'absence d'approche standard pour décider du contenu du budget,
- l'évaluation des intrants et des extrants,
- l'interprétation du budget construit à partir des relations moyennes entre intrants et extrants,
- le budget construit à partir des données en coupe transversale ignore les changements intervenus dans le temps et dans l'espace.

Une autre critique de l'approche basée sur les budgets réside dans son rapport avec la fonction de production. Un budget d'exploitation est un point de la courbe de production ; lorsqu'on change un des éléments du budget, les résultats changent pour donner lieu à un autre budget ; de sorte qu'il y a un budget d'exploitation en tous les points de la fonction de production. Une telle situation présente deux conséquences fondamentales : (1) on ignore ce qui se passe entre deux points discrets²⁴ de la fonction de production (Lowenberg-DeBoer, 1993), (2) on ne peut pas déterminer automatiquement le niveau d'intrant qui maximise le revenu (Kay, op. cit.).

Malgré ces critiques, la méthode du budget peut être utilisée dans la comparaison des coûts et des rendements²⁵ pour la même culture avec des techniques différentes (Dillon, C. R. 1993 ; Banque Mondiale, op. cit ; Kay, op. cit). Selon ces auteurs les

²⁴ soit deux budgets d'exploitation.

²⁵ physiques et économiques

critiques formulées à l'encontre de l'approche budgétaire sont, en grande partie, prises en compte lorsqu'on complète le budget d'exploitation par une analyse de sensibilité. Pour Kay (op. cit), l'estimation du rendement devrait être la moyenne espérée sous les conditions normales de type de sol et de niveau d'intrants ; le prix de l'extrait devrait être aussi une moyenne espérée si l'on veut que les résultats soient valables au moins dans le moyen terme.

Si toutes ces précautions sont prises, comme nous l'avons fait dans cette étude, l'approche budget permet de choisir l'activité ou la technique la plus profitable parmi plusieurs alternatives compte tenu des implications possibles du revenu, des coûts et de la main-d'oeuvre additionnels.

Pour ces raisons, des budgets totaux seront développés en vue d'avoir des informations détaillées sur chaque système de conservation des sols, et des budgets partiels pour apprécier la rentabilité, les contraintes et les opportunités d'un système par rapport à l'autre²⁶.

4.1.2 Rappel de l'objectif poursuivi dans ce chapitre

L'hypothèse à tester est :

- **Dans le court et moyen terme, l'adoption de pratiques biologiques de conservation des sols est financièrement rentable au niveau de l'exploitation,**

et permet d'atteindre l'objectif:

- **Comparer la rentabilité financière des exploitations agricoles, dans le court ou le moyen terme, utilisant les méthodes traditionnelles de conservation des sols**

3 Nous sommes conscients des lacunes du modèle de budget par rapport au modèle de production. Nous pensons compenser ces lacunes par une simulation au niveau des prix et des quantités.

avec celle des exploitations agricoles sur lesquelles les méthodes améliorées ont été introduites.

4.1.3 Les aspects statistiques

L'analyse financière utilise comme variable de base les moyennes contenues dans le budget de production à savoir les rendements moyens, les coûts moyens, les revenus moyens. Dans le cas où l'on devrait comparer deux ou plusieurs technologies, les résultats de cette analyse ne seraient assez pertinents, qu'à condition que les budgets moyens calculés pour des technologies différentes diffèrent significativement l'un de l'autre. Dans le cas où les budgets seraient statistiquement identiques, les résultats de l'analyse financière doivent être pris à titre indicatif.

Méthodologiquement, il s'agit de faire un test de t (Student) au cas où les budgets à comparer sont au nombre de deux, ou une analyse de variance lorsque leur nombre est supérieur à deux. Dans le dernier cas, il s'agit de tester l'hypothèse nulle H_0 selon laquelle les budgets sont identiques contre l'hypothèse alternative H_a selon laquelle tous les budgets ne sont pas égaux. Formellement on a :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ contre $H_a : \text{tous les } \mu_i \text{ ne sont pas égaux.}$

Mais, comme une valeur significative du ratio F de l'analyse de variance dit seulement que les budgets ne sont pas tous égaux (voir H_a), on pourrait se poser des questions telles que : est-ce que l'observation moyenne de tel traitement précis diffère de celle de tel autre ? Quel est le meilleur traitement ? Ou bien est-ce que la moyenne des traitements 1 et 2 diffère significativement de celle des traitements 5 et 6 ? Pour répondre à ce genre de questions qui se posent après une analyse de variance, deux types d'analyse sont possibles. La comparaison des moyennes par l'analyse des contrastes orthogonaux ou bien par les procédures de comparaison multiple (le test de Duncan, le test Tukey, le test de Bonferrini, le test de Student-Newman-Keuls, le test

de Scheffe) . De ces deux types d'approche, pour raison de plus grandes possibilités de manipulation, Wortham (1960), Hicks (1982) et Norusis (1991) estiment que la méthode des contrastes orthogonaux est plus adéquate pour les expérimentations.

Un contraste C est défini comme une combinaison linéaire de tous les budgets: $C_n = c_1.B_1 + \dots + c_n.B_n$; les c_i sont les coefficients affectés à chaque budget B_i dans le contraste. La somme des c_i doit être égale à zéro, pour que le contraste soit un instrument de comparaison de deux situations. Ainsi, le contraste permet de comparer deux budgets (ou des combinaisons linéaires de budgets).

Deux contrastes sont orthogonaux (ou indépendants, ou ne se projettent pas l'un sur l'autre) si leur produit scalaire est égal à zéro. Formellement, on a par exemple :

- soit le contraste $C_1 = \alpha_1 * B_1 + \alpha_2 * B_2 + \alpha_3 * B_3$
- soit le contraste $C_2 = \beta_1 * B_1 + \beta_2 * B_2 + \beta_3 * B_3$
- C_1 et C_2 sont orthogonaux si et seulement si $\alpha_1*\beta_1+\alpha_2*\beta_2+\alpha_3*\beta_3=0$

La méthode des contrastes orthogonaux utilise le test de Student, pour comparer plusieurs paires de budgets. Sa particularité est qu'elle permet d'éviter, en raison de son caractère orthogonal, les erreurs qui affectent les comparaisons de budgets lorsqu'on fait le test de Student pour toutes les paires. La raison, pour laquelle on ne doit pas utiliser plusieurs tests de Student dans plusieurs comparaisons impliquant les mêmes budgets, est que le seuil de signification est surestimé (Norusis, 1991, 1992; Hicks, op. cit.)²⁷. Par exemple si l'analyse de variance montre que quatre budgets sont identiques, il est possible qu'en appliquant le test de Student aux six paires de budgets correspondantes, que les t observés de certaines d'entre elles soient significatifs. Ce genre de situation est dû au fait qu'il y a des recoupements entre

²⁷ Norusis M. J.; 1991 : The SPSS guide to data analysis for SPSS/PC+, ed.2, SPSS inc, USA. Page 296-304.

Norusis, M. J. 1992 : SPSS for windows advanced statistics, release 5, USA., page 45.

Hicks, 1982: Fundamental concepts in the Design of experiments, ed. 3, Saunders College Publishing, USA, page 37-54.

les comparaisons. La méthode des contrastes orthogonaux permet de corriger cette insuffisance de l'application simple du test de Student dans certains cas, et de donner les vraies différences entre les budgets. En effet lorsqu'on a affaire à des comparaisons multiples, on doit veiller à ce qu'elles soient indépendants.

Pour la comparaison des budgets des systèmes avec et sans conservation, la matrice des contrastes utilisés est présentée dans le tableau 4.1

Tableau 4.1 : matrice des coefficients des contrastes analysés.

Contraste s	Coefficients affectés aux traitements dans les contrastes étudiés							
	Ti1	Ti2	Ti3	Ti4	T01	T02	T03	T04
1	1	0	0	0	-1	0	0	0
2	0	1	0	0	0	-1	0	0
3	0	0	1	0	0	0	-1	0
4	0	0	0	1	0	0	0	-1
5	0,25	0,25	0,25	0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
6	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0	0	0
7	0,5	-0,5	0,5	-0,5	0	0	0	0

Source : nos propres estimations, 1994.

Les contrastes 1, 2, 3 et 4 sont orthogonaux et permettent de comparer la différence des moyennes d'un sous-traitement avec et sans pratique de conservation moderne.

Le contraste 5 étudie l'effet global de la technologie de conservation nouvelle. Les contrastes 6 et 7 concernent uniquement la technologie moderne (et non le témoin) et permettent respectivement d'analyser l'effet variétal (variété locale et variété améliorée de maïs) et l'effet de l'application d'une dose de 100 kg*ha⁻¹ d'engrais.

Dans l'esprit de faciliter la lecture du document, nous avons adopté des sigles dont les définitions sont consignées dans le tableau 4.2 suivant :

Tableau 4.2 : Définition des groupes de parcelles analysés pour chaque technologie "i" et son témoin "0".

Groupes	Parcelles conser- vées par "i"	Variété de maïs	application d'engrais NPK _{14,23,14}
T _{i1}	oui	améliorée	oui
T _{i2}	oui	améliorée	non
T _{i3}	oui	locale	oui
T _{i4}	oui	locale	non
T ₀₁	non	améliorée	oui
T ₀₂	non	améliorée	non
T ₀₃	non	locale	oui
T ₀₄	non	locale	non

i = 1 (pratique de la jachère mucuna). i = 2 (pratique de la jachère acacia). i = 3 (pratique de culture en couloir à leuceana et gliricidia). T_i = technologies nouvelles de conservation du sol. T₀ = témoin ou technologie traditionnelle Adja.

Les paires de comparaisons concernées par les contrastes orthogonaux sont:

- ▶ (T_{i1}, T₀₁),
- ▶ (T_{i2}, T₀₂),
- ▶ (T_{i3}, T₀₃),
- ▶ (T_{i4}, T₀₄).

Les paires concernées par l'analyse de l'effet de la technologie "i" sont : (T_i, T₀)

Les paires concernées par l'analyse de l'effet de la variété de maïs dans la technologie "i" sont : (T_{i1} + T_{i2}, T_{i3} + T_{i4})

Les paires concernées par l'analyse de l'effet de l'application d'engrais dans la technologie "i" sont : (T_{i1} + T_{i3}, T_{i2} + T_{i4})

La méthode des contrastes orthogonaux va permettre d'identifier les pratiques de conservation des sols dont les moyennes sont significativement différentes de la moyenne du témoin. Ces pratiques seront alors retenues pour en analyser leur rentabilité économique.

4.1.4 Aspects économiques de la budgétisation et structure du modèle

Cette section présente les méthodes d'estimation des prix et des coûts, la structure des équations d'analyse des marges de profit et le principe d'analyse des marges dominantes.

4.1.4.1 L'estimation des prix et des coûts

Etant donné que les données sont collectées dans un environnement aléatoire, les décisions à prendre seront fondées sur des résultats évalués dans la mesure du possible à partir des prix, des coûts ou des rendements espérés. L'espérance mathématique est la valeur moyenne d'une variable aléatoire ; c'est la moyenne pondérée par leur probabilité de toutes les valeurs possibles prises par cette variable²⁸.

Le prix au producteur et le coût des semences du maïs utilisés dans l'évaluation sont des valeurs espérées. Dans le tableau 4.3, le prix moyen de l'année 1993 est pondéré à la baisse par rapport aux autres. Le coefficient de pondération (1) du mois de Juin dans le tableau 4.4 diffère de ceux des autres mois parce que la récolte commence pratiquement en juin et une faible quantité est vendue dans ce mois par comparaison aux autres mois (juillet, août, septembre).

Le prix de l'engrais NPK utilisé par le paysan est un prix fixé par l'Etat (9500 fcs/ha d'application). Les rendements des parcelles existent seulement pour l'année 1993 ; ce n'est donc pas possible de calculer des rendements espérés. Une moyenne simple a été calculée par type de parcelle ayant subit le même traitement.

Le prix d'une de l'homme-heure (unité-travailleur) du travail agricole dans le milieu, les travaux champêtres sont exécutés à la tâche. La tâche correspond à une activité agricole (défrichage, semis, sarclage et récolte) pratiquée sur une

²⁸ Selon le dictionnaire : Petit Robert.

parcelle de 400 m² de superficie par un homme ou une femme dont l'âge peut varier de 8 ans à plus de 60 ans.

Tableau 4.3 : Estimation du coût espéré de la semence du maïs (fcfa* kg⁻¹)

Années	prix moyens des mois de février mars, avril (1)	coefficient de pondération (2)	prix pondérés (1)*(2)
1986	93,3	2	186,6
1987	90	2	180
1988	111,6	2	223,2
1989	78,3	2	156,6
1990	85	2	170
1991	76,6	2	153,2
1992	91,6	2	183,2
1993	50,6	1	50,6
Total	677	15	1303,4
Valeurs espérées			
moyenne:		84,6	
moyenne pondérée:		86,9	

Source: nos propres estimations, 1994.

Tableau 4.4 : Estimation du prix espéré au producteur du maïs (fcfa* kg⁻¹)

Mois d'abondance du maïs	prix moyens (1) de 1986 à 1993	coefficient de Pondération (2)	prix pondéré (1)*(2)
juin	72,8	1	72,8
juillet	58,3	2	116,6
août	46	2	92
septembre	42,5	2	85
Total	219,6	7	366,4
Valeurs espérées			
moyenne:		54,9	
moyenne pondérée:		52,3	

Source: nos propres estimations, 1994.

Le salaire obtenu à la tâche est proportionnel à l'âpreté de l'activité qui est à son tour directement liée au temps à consacrer à son exécution. Ainsi, sur la base de la table d'équivalent-producteur de Norman adapté à notre zone d'étude (chapitre 2), le coût de la personne-heure d'une activité agricole quelconque est estimé à 87 fcfa. Ce prix peut être considéré comme un prix espéré, étant donné que depuis 8 ans les prix sur le marché du salariat agricole sont restés sensiblement les mêmes.

Les principales opportunités de travail qui s'offrent au paysan pendant la campagne agricole sont :

- le salariat agricole,
- les activités de transformation artisanale telles que : la distillation du vin de palme par les hommes, la transformation des noix de palme et de l'arachide en huile par les femmes, la transformation du manioc en *gari* par les femmes,
- et le petit commerce.

Pendant la période des activités agricoles, les ménages paysans ayant généralement un surplus de main-d'oeuvre familiale ont plus tendance à pratiquer simultanément les activités agricoles et extra-agricoles tandis que ceux qui n'en ont pas suffisamment préfèrent pratiquement s'adonner à l'agriculture en attendant la saison morte. Le tableau 4.5 indique la valorisation moyenne de la personne-heure dans ces activités et le taux de rémunération du capital estimé qui s'y associe.

Tableau 4.5 : valorisation de l'homme-heure de travail et taux de rémunération du capital dans les principales opportunités d'activités dans le milieu rural.

Principales activités extra-agricoles	valorisation du travail (fcfa par homme-heure)	taux de rémunération moyen du capital (fcfa/an)
la transformation du manioc en gari	40 (8)	107
la transformation des noix de palme en huile	117 (94)	170
la distillation du vin de palme en alcool	134 (102)	44
le salariat agricole	87 (10)	
la transformation de l'arachide en huile	39 (11)	35
le petit commerce		67

source : nos propres estimations, 1994. (.) = écart-type

Le loyer moyen de la terre est estimé à 16.000 fcfa / ha / an (Daane et al., 1985, Quenum, op. cit.). Il n'a pas connu une variation sensible depuis 1986 et donc, peut être approximé à un loyer espéré. Le coût du métayage prépondérant dans la région vaut le tiers de la valeur de la production agricole.

La valeur des sous-produits, notamment le bois, est estimée à 18.000 fcfa * ha⁻¹ * an⁻¹ dans le système en couloir âgé au moins de deux ans, et à 40.000 fcfa * ha⁻¹ * an⁻¹ dans le système à base de la jachère acacia âgé d'au moins trois ans. Les coûts de la mise en place des technologies se réduisent aux coûts des semences ou des plants dans les pépinières. Un plant coûte 15 fcfa. Bien que la mise en place du mucuna entraîne des coûts en semence, nous n'en avons pas fait cas dans l'étude car les technologies telles que considérées dans l'étude s'insèrent dans une rotation culturale qui stabilise les rendements. En effet, alors que le mucuna se déplace dans l'assolement parcellaire tout en étant suivi par le maïs, les systèmes à base d'acacia et de couloirs couvrent toute la parcelle assolée (voir en annexe 2, 5ème page).

L'amortissement du matériel :

le matériel utilisé par le paysan est pratiquement limité à la houe et au coupe-coupe. Chaque actif agricole possède un à deux coupe-coupe au maximum et une houe en moyenne. Le prix moyen de la houe est 500 fcfa et celui du coupe-coupe 1.000 fcfa. La durée moyenne d'utilisation de la houe est estimée à 3 ans et celle du coupe-coupe à 4,5 ans. Ce matériel est utilisé sur tous les champs de l'exploitation, pour toutes les cultures, dans les activités de transformation telles que la collecte du vin de palme ou la coupe du bois d'oeuvre et de feu. Le paysan Adja se déplace toujours avec son coupe-coupe qui représente pour lui un moyen de défense permanent. Il en ressort que la part de l'amortissement annuel du matériel, affectable à la culture du maïs, est pratiquement impossible à évaluer rigoureusement. D'autre part, l'examen du nombre moyen d'outils agricoles, de leur prix d'achat, de leur durée de vie utile, des services qu'ils rendent et l'importance numérique, non négligeable, des cultures pratiquées par le paysan, fait apparaître que la dépréciation relative de ce matériel à attribuer à la culture du maïs est pratiquement sans effet sensible sur le niveau des coûts totaux et du revenu net. Enfin, pour ces raisons, nous choisissons d'omettre l'amortissement du matériel traditionnel dans le calcul des marges nettes de revenu.

4.1.4.2 La structure des équations d'analyse des marges de profit.

Le modèle général des marges nettes de profit est structuré comme suit :

$$MN_{0j} = R_0 - C_{0j} \quad (1)$$

$$MN_{0j} = P \cdot Y_0 - (S \cdot a + E \cdot b + Tr_0 \cdot c + Te_j) \quad (2)$$

R_0 = Production totale de maïs, en valeur, dans la technologie traditionnelle (0).

C_{0j} = Coûts totaux de production du maïs dans la technologie traditionnelle (0) sous le mode de faire-valoir j.

MN_{0j} = marge nette de profit dans la technologie traditionnelle (0) sous le mode de faire-valoir j.

j = 1 terre en propriété

- $j = 2$ terre en métayage
 $j = 3$ terre en fermage
 $P.Y_0$ = production en valeur du maïs dans la technologie (0)
 P = Prix espéré (en f.cfa/kg) du maïs
 Y_0 = Rendement (en kg/ha) du maïs
 C_{0j} = $S.a + E.b + Tr_0.c + Te_j$ = coûts totaux de production de maïs dans la technologie traditionnelle (0) sous le mode de tenure (j).
 $S.a$ = coût espéré de la semence de maïs,
 S = quantité de semence de maïs (kg / ha),
 a = prix espéré du kg de la semence de maïs,
 $E.b$ = coût de l'engrais (fcfa),
 E = quantité d'engrais NPK (kg / ha),
 b = prix du kg d'engrais NPK (fcfa),
 $Tr_0.c$ = coût calculé de la main-d'oeuvre familiale dans (0),
 Tr_0 = nombre de personne-heures total de travail dans (0),
 c = prix unitaire de personne-heure,
 Te_j = coût du loyer de la terre par type de tenure (j)

$$MN_{ij} = R_i - C_{ij} \quad (3)$$

$$MN_{ij} = P.Y_i + P_i.Y_i - (S.a + E.b + Tr_i.c + Te_j + A_i) \quad (4)$$

- R_i = Production totale en valeur dans la technologie améliorée (i),
 C_{ij} = coûts totaux de production du maïs dans la technologie améliorée (i) sous le mode de faire-valoir j,
 $Mnij$ = marge nette de profit dans la technologie améliorée (i) sous le mode de faire-valoir j,
 $i = 1$ Jachère à base du *mucuna* sur les sols ferrallitiques médiocres,

- i = 2 Culture en couloir à base du *leucaena* et du *gliricidia* sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne,
- i = 3 jachère à base de l'acacia sur les sols ferrallitiques médiocres,
- i = 4 jachère à base du *mucuna* sur sol ferrugineux infesté par le chiendent.

$$R_i = P \cdot Y_i + P_i \cdot Y_i \quad (5)$$

- $P \cdot Y_i$ = Production du maïs en valeur dans la technologie (i),
- $p_i \cdot y_i$ = Revenu d'option (valeur des sous-produits) dans la technologie (i),
- p_i = prix unitaire des sous-produits de la jachère où des couloirs (bois de feu ou d'oeuvre, graines de la légumineuse-jachère) en fcfa / ha,
- y_i = quantité de sous-produits [du bois (bois de feu où bois d'oeuvre) ou kg de graines de légumineuse].

$$C_{ij} = S \cdot A + E \cdot B + Tr_i \cdot C + Te_j + A_i \quad (6)$$

- C_{ij} = Coûts totaux de production de maïs dans la technologie traditionnelle "i" sous le mode de tenure "j".
- A_i = Coût d'option de la technologie "i" sur la période d'enquête.
- A_1 = Coût des semences de *mucuna* et de la main-d'oeuvre pour le semis.
- A_2 = Coût d'opportunité de la terre laissée en jachère d'acacia pendant 2,5 ans, plus le coût de la main-d'oeuvre engagée pour installer la jachère.
- A_3 = Coûts de la perte de rendement enregistrée pendant l'année d'installation et la première année des couloirs de *leucaena* et de *gliricidia*, par rapport au rendement obtenu au cours de ces mêmes années par la pratique traditionnelle ; plus les coûts calculés de la main-d'oeuvre utilisée pour installer et entretenir les couloirs pendant ces années.

$$MN_{ij} - MN_{0j} = P \cdot (Y_i - Y_0) + P_i \cdot Y_i - c \cdot (Tr_i - Tr_0) - A_i \quad (7)$$

$$C_{ij} - C_{0j} - c \cdot (Tr_i - Tr_0) + A_i \quad (8)$$

$MN_{ij} - MN_{0j} =$ Marge de revenu additionnel engendré par la technologie améliorée.

nombre de personne-jour additionnel - $Tr_i - Tr_0$

Tri - Tr0 main-d'oeuvre additionnelle due à la pratique de la technologie améliorée par rapport à la technologie traditionnelle.

L'analyse simultanée des résultats de ces indicateurs économiques permettra de prendre des décisions sur la conservation du sol.

4.1.4.3 L'analyse des avantages dominants.

Elle comporte deux étapes :

- Elle consiste premièrement à dresser une liste des coûts de production (avantages nets) classés par ordre croissant qui varient selon la technologie ou les traitements. Puis, aligner dans la colonne (ou ligne) immédiatement après, les avantages nets (coûts de production qui varient) correspondants à chaque coûts.
- Ensuite, toute technologie (ou traitement) ayant des avantages nets inférieurs ou égaux à ceux d'un traitement ayant des coûts totaux plus bas est dit dominé.

4.1.5 **Les aspects du risque : la procédure de l'analyse de dominance stochastique et le test de Kolmogorov-Smirnov.**

4.1.5.1 **L'analyse de dominance stochastique.**

Le modèle d'analyse de dominance stochastique a été développé pour la première fois par Anderson (1974). Le modèle a été exposé dans les ouvrages de Anderson, Dillon et Hardker (1977) et Dillon and Anderson (1990) et appliqué dans un rapport de recherche écrit par Lowenberg et coll. (1992). C'est une analyse non paramétrique basée sur la répartition des observations. Elle n'est donc pas fondée sur des suppositions fortes comme les approches paramétriques basées sur l'utilisation de l'écart-type, de la moyenne ; en conséquence elle prend en compte beaucoup plus d'informations, notamment la variation au niveau des données primaires.

La répartition dans la dominance stochastique est utilisée sous forme cumulative (probabilité cumulée de chaque observation). Pour chaque niveau de résultat, la courbe cumulative montre la probabilité d'avoir au moins ce niveau. Par exemple, si le point de coordonnées (500 kg/ha, 60%) appartient à la courbe cumulative de rendement du maïs dans la technologie traditionnelle, cela signifie que dans 60 cas sur 100 on obtient un rendement variant de 0 à 500 kg/ha, et l'inverse indique qu'il y a une probabilité de 40 % que le rendement soit supérieur ou égal à 500 kg/ha. En comparant de cette manière, deux technologies dont les fonctions de répartition sont rapportées dans la même base orthonormée, on peut analyser les caractéristiques de risque de l'une relativement à l'autre. Ainsi, l'analyse de dominance stochastique permet de classer les technologies selon leurs caractéristiques de risque.

De façon générale, une option est dominée par une autre si sa probabilité cumulative est plus grande pour tous les niveaux de la variable. Cette condition peut s'interpréter graphiquement de deux façons :

- Si une courbe cumulative est à la gauche d'une autre courbe cumulative pour tous les niveaux de la variable, la technologie représentée par la courbe à gauche est

dominée par la technologie représentée par la courbe à droite²⁹. Ce type de dominance est appelé **dominance stochastique de 1er degré**.

- Si au contraire, au lieu d'avoir une progression semblable, les courbes cumulatives se croisent une ou plusieurs fois, la première règle n'est plus satisfaisante. On mesure alors la tendance d'une technologie à avoir des mauvais résultats par la superficie sous la courbe cumulative³⁰; en conséquence, une option est dominée si à tous les niveaux de la variable la superficie sous la courbe cumulative est plus grande que pour l'autre option; ce type de dominance est dit **dominance stochastique de 2ème degré**.

Ces deux règles de dominance stochastique permettent de classer les technologies en trois groupes :

- **les technologies dominées** par la première et la deuxième règle.
- **Les technologies acceptables aux individus indifférents au risque**; elles ne sont pas dominées par la 1ère règle mais sont dominées par la 2ème.
- **les technologies dominantes**, acceptables même aux individus qui sont averses au risque ; elles ne sont dominées ni par la première, ni par la deuxième règle de dominance stochastique.

4.1.5.2 La procédure d'estimation des répartitions cumulatives

La variabilité analysée par cette méthode concerne les hauteurs pluviométriques, les répartitions de la pluie, les attaques par les insectes, les attaques parasitaires, la variabilité des sols, les différences de gestion, etc. En conséquence la méthode requiert des données de plusieurs années sur plusieurs sites.

²⁹ la technologie dominante.

³⁰ En statistique, la tendance d'une technologie à avoir des mauvais résultats est représentée par la superficie sous la courbe cumulative.

Sur la base de ces données, quatre étapes permettent d'estimer les répartitions cumulatives:

- **Estimation de la probabilité de chaque observation**, la probabilité étant par définition égale au nombre de cas observés rapporté au nombre de cas possibles. La probabilité de l'observation est en fait une probabilité conditionnelle, égale au produit des probabilités suivantes:
 - ▶ La probabilité de l'année d'observation. Si par exemple des données existent sur les 10 dernières années, la probabilité de l'année d'observation sera égale à $1/10$ soit 0,1.
 - ▶ La probabilité de l'observation dans l'année. Si par exemple au cours d'une année donnée on a 20 observations primaires (non agrégées), la probabilité de l'observation dans l'année sera égale à $1/20$ soit 0,2
- **On classe par ordre croissant les observations**, et on affecte à chaque observation sa probabilité de réalisation.
- **On calcule les probabilités cumulatives de chaque observation**; on obtient alors une série de points dont les abscisses sont les observations (les rendements du maïs par exemple), et les ordonnées sont les probabilités cumulatives correspondant à chaque niveau de rendement.
- **On représente sur un même graphique, la répartition cumulative des deux technologies dont on désire analyser les caractéristiques de risques**. Les résultats de l'approche graphique de l'analyse de dominance stochastique sont plus aisés à communiquer ceux issus de l'approche mathématique.

4.1.5.3 Les avantages et inconvénients de la méthode

L'avantage premier est qu'avec les règles de dominance stochastique, on peut faire des analyses de risque sans poser des hypothèses fortes. Les règles de dominance sont fondées sur des observations simples sur le comportement humain. La dominance stochastique marche avec n'importe quelle forme de répartition.

L'inconvénient fondamental de cette analyse est qu'il faut faire les comparaisons par paire. Cochran (1986) a reproché à l'analyse de dominance stochastique le fait

$$D = \text{SUPERIEUR}_Y |F_n(Y_0) - F_n(Y_i)| \quad (10)$$

qu'elle ne prend pas en compte les erreurs d'estimation des répartitions.

4.1.5.4 Le test de Kolmogorov-Smirnov à 2 échantillons

En réponse à Cochran (*loc. cit.*), Lowenberg-DeBoer et coll. (1992) proposent l'utilisation du test de Kolmogorov-Smirnov afin de déterminer les répartitions qui sont significativement différentes l'une de l'autre. Pour ces auteurs, si le test de Kolmogorov-Smirnov n'est pas significatif, les résultats de l'analyse de dominance stochastique sont purement indicatifs, parce-qu'il serait bien possible que les deux options aient la même répartition et donc les mêmes caractéristiques de risque.

Le test de Kolmogorov est utilisé afin de déterminer si deux répartitions sont significativement différentes, ou s'il s'agit de deux estimations de la même répartition (Steel et Torrie, 1980). C'est un test non-paramétrique effectué au niveau des répartitions entières contrairement aux tests paramétriques. Le niveau critique du test est appliqué sur la distance verticale maximum entre les deux répartitions.

On a :

D = valeur calculée de la distance maximale observée entre deux répartitions cumulatives.

Y_0 = variable rendement du maïs en kg/ha dans le système traditionnel "0"

$F(Y_0)$ = fonction de répartition cumulative de Y_0

Y_i = variable rendement du maïs en kg/ha dans le système améliorée "i"

$F(Y_i)$ = fonction de répartition cumulative de Y_i

Ensuite on compare la valeur calculée de D observée à la valeur critique de l'abaque. Si la valeur calculée est supérieure à la valeur critique de Kolmogorov-Smirnov, alors les deux répartitions sont significativement différentes au seuil choisi.

4.2 Les résultats statistiques de la campagne agricole observée (1993-1994) et leur interprétation agronomique.

Les tests statistiques portent sur les comparaisons des *rendements physiques*, des *marges nettes* et des *temps de travaux* entre la *technologie améliorée* de conservation du sol et la *technologie traditionnelle* prise à témoin.

4.2.1 La technologie de jachère à base du mucuna et la technologie traditionnelle témoin sur sols ferrallitiques médiocres.

Les tableaux 4.6 et 4.7 montrent que les rendements physiques et les marges nettes de revenu obtenus dans le système mucuna à court terme (après un an de jachère) sont significativement plus élevés que ceux obtenus dans le système traditionnel pris à témoin quels que soient la variété de maïs (locale ou hybride NH2) ensemencée et la dose d'engrais $NPK_{14/23/14}$ (zéro (0) ou $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) appliquée ; le seuil de signification du test étant de 1 %. On voit que les conditions pluviométriques et notamment la mauvaise répartition temporelle de la pluie dans la campagne observée, bien qu'elle a entraîné une baisse générale des rendements, n'a pas empêché l'arrière-effet de la jachère mucuna de produire des gains de rendement et de revenu par rapport au système traditionnel à l'état pur. Ce fait laisse à penser grossièrement que le système mucuna impliquerait probablement moins de risques physique et financier que le système traditionnel sur les sols médiocres. Le tableau 4.6 montre par ailleurs que la demande de main-d'oeuvre dans le système avec mucuna n'est pas significativement différente de la demande dans le système traditionnel sans mucuna. Ceci fait que la pratique du système mucuna n'occasionne

pas une demande supplémentaire significative de travail capable de constituer une contrainte à son adoption.

Tableau 4.6 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 8 traitements faits dans des blocs avec et sans système *mucuna* sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvo (1).

Etapes de l'analyse de variance		Comparaisons des moyennes de		
		rendements (kg / ha)	marges nettes (kg / ha)	travaux(hj) agricoles
degré de liberté	inter-traitements		7	
	intra-traitements		72	
somme quadratique	inter-traitements	9 199 042	55565720434	38 419
	intra-traitements	1 341 759	4908534130	243 261
Moyenne quadratique	inter-traitements	1 314 149	7937960062	5 488
	intra-traitements	18 636	68 174 085	3 379
le ratio de Fischer : F calculé		70,5*	116,4*	1,62(ns)

Source: nos propres estimations, 1994. (ns)= non significatif.

* = significatif à 1%, ** = significatif à 5%, *** = significatif à 10%.

Dans les 8 traitements 4 sont dans des blocs à système *mucuna* et 4 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 4 parcelles. Chaque parcelle est caractérisée par l'application ou non d'engrais NPK_{14/23/14} et l'utilisation de la variété locale ou de la variété hybride(NH2)³¹ de maïs. Médiocre signifie rendement de maïs < 500 kg/ha.

³¹ NH2 signifie Niaouli Hybride 2; c'est l'une des sélections génétiques de maïs réalisée au centre de recherche agronomique de Niaouli au Bénin. C'est une variété à haut rendement, résistante aux attaques des insectes en phase de post-récolte.

Tableau 4.7 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements et de marges nettes entre les traitements homologues des blocs, avec (T1i) et sans (T0i) système *mucuna*, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux) (1).

Contrastes	Niveaux additionnels moyens de	
	Rendements physiques	Marges nettes
T11 - T01	831*	62008*
T12 - T02	536*	43639*
T13 - T03	715*	55902*
T14 - T04	553*	44568*

Source: nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1% , le degré de liberté est égal à 72, correspondant à 10 répétitions de 8 traitements. Engrais = NPK_{14/22/14}

- ▶ T11-T01: 100 kg/ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T12-T02: 0 kg/ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T13-T03: 100 kg/ha d'engrais et du maïs *local* dans les 2 blocs.
- ▶ T14-T04: 0 kg/ha d'engrais et du maïs *local* dans les 2 blocs.

Type de sol: sol ferralitique médiocre (rendement de maïs < 500 kg/ha).

4.2.2 La technologie de jachère à base de l'acacia et la technologie traditionnelle prise à témoin sur sols ferralitiques médiocres.

Les tableaux 4.8 et 4.9 montrent que les rendements physiques et les marges nettes de revenu obtenues dans le système acacia à moyen terme (trois ans après l'installation de la jachère acacia) sont significativement plus élevés que ceux obtenus dans le système traditionnel témoin quelque soit la variété de maïs (locale ou hybride NH2) ensemencée et la dose d'engrais NPK_{14/23/14} (zéro (0) ou 100 kg/ha) appliquée; le seuil de signification du test étant également de 1 %. On déduit, comme dans le système *mucuna*, que la mauvaise pluviosité qui a caractérisé la campagne agricole (1993-1994) n'a pas empêché le système de jachère acacia d'engendrer des gains de rendement et de revenu par rapport au système traditionnel. Le système acacia, tout comme le système *mucuna*, comporterait moins de risque que le système traditionnel, sur les sols médiocres. Le tableau 4.8 montre que, contrairement au

système mucuna, le système acacia nécessite des temps de travaux agricoles significativement plus élevés que les besoins en main-d'oeuvre du système traditionnel ; le seuil de signification étant de 5 à 10%. Cette exigence de main-d'oeuvre supplémentaire peut constituer des limites pour certains ménages ; mais de manière générale, étant donné la pression très élevée des populations sur le foncier et l'importance de l'agriculture dans la sécurité alimentaire des ménages, cette demande additionnelle de travail ne devait pas être une contrainte à la pratique du système.

Tableau 4.8 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 8 traitements faits dans des blocs avec et sans système acacia sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvo (1).

Etapas de l'analyse de variance		Comparaisons des moyennes de		
		rendements (kg/ha)	marges nettes (fcfa/ha)	travaux(hj) agricoles
degré de liberté	inter-traitements		7	
	intra-traitements		24	
somme quadratique	inter-traitements	3 983 259	23635170654	31 473
	intra-traitements	782 083	2581181187	13 289
Moyenne quadratique	inter- traitements	569 037	3376452951	4 476
	intra-traitements	32 587	107549216	553
le ratio de Fischer : F calculé		17,5*	31,4*	8,12*

Source: nos propres estimations, 1994. (ns) = test non significatif.

* = test significatif à 1%, ** = test significatif à 5%, *** = test significatif à 10%

Dans les 8 traitements 4 sont dans des blocs à système *acacia* et 4 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 4 parcelles. Chaque parcelle est caractérisée par l'application ou non d'engrais $NPK_{14/22/14}$ et l'utilisation de la variété locale ou de la variété hybride(NH2) de maïs. Médiocre signifie rendement de maïs inférieur à 500 kg/ha.

Tableau 4.9 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements, de marges nettes et de temps de travaux agricoles entre les traitements homologues des blocs, avec (T2i) et sans (T0i) système acacia, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux) (1).

Contrastes	Niveaux additionnels moyens de		
	Rendements(kg/ha)	Marges nettes(fcfa/ha)	Temps de travaux agricoles(Hj)
T21 - T01	818*	60110*	30***
T22 - T02	608*	48312*	39**
T23 - T03	726*	55303*	30***
T24 - T04	621*	48947*	39**

Source: nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1% ** = test significatif à 5%, *** = test significatif à 10% ; le degré de liberté est égal à 24, correspondant à 4 répétitions de 8 traitements. Engrais=NPK_{14/22/14}.

- ▶ T21-T01: 100 kg/ha d'engrais et du maïs *NH2* dans les 2 blocs.
- ▶ T22-T02: 0 kg/ha d'engrais et du maïs *NH2* dans les 2 blocs.
- ▶ T23-T03: 100 kg/ha d'engrais et du maïs *local* dans les 2 blocs.
- ▶ T24-T04: 0 kg/ha d'engrais et du maïs *local* dans les 2 blocs.

Type de sol : sol ferrallitique médiocre (rendement de maïs < 500 kg/ha)

4.2.3 La technologie de culture en couloirs à haies de leucaena et de gliricidia et la technologie traditionnelle témoin sur sols ferrallitiques à fertilité moyenne.

A l'inverse des systèmes à base de mucuna et d'acacia, les tableaux 4.10 et 4.11 montrent que les rendements physiques et les marges nettes de revenu obtenues dans le système de culture en couloir à moyen terme (à la troisième année d'exploitation après l'installation des haies successives de leucaena et de gliricidia) sont significativement (au seuil de 1 %) plus bas que ceux obtenus dans le système traditionnel témoin, sauf dans le traitement qui consiste à ensemercer la variété améliorée (*NH2*) de maïs et à appliquer une dose de 100 kg/ha d'engrais NPK_{14/22/14}. On déduit, contrairement aux cas des autres systèmes, que le système de culture en couloir en milieu réel du paysan Adja en condition de mauvaise répartition des pluies (campagne agricole 1993-1994 par exemple) provoque une chute de rendement et de

revenu par rapport au système traditionnel. Le système de culture en couloir en milieu réel du paysan Adja serait grossièrement plus risqué que le système traditionnel sur les sols à fertilité moyenne. Sur le plan de l'exigence en travail, c'est à un seuil de signification de 1% que la demande de main-d'oeuvre dans le système de culture en couloir est supérieure à la demande dans le système traditionnel. Ce fait montre que le travail additionnel lié à l'émondage³² des haies et au paillage des couloirs est appréciable. Il est important de compléter, à ce niveau, que le paysan Adja, faute d'habitude, n'entretient pas le système selon les normes recommandées par la station de recherche de l'IITA, et que malgré ce fait la différence du volume des temps de travaux avec le système traditionnel est significatif.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

³² l'émondage comprend :

l'élagage des plantes de leuceana/gliricidia formant les haies qui permet d'éclaircir le champ de maïs, en réduisant autant que possible la pénombre occasionnée par le développement végétatif des légumineuses ; ces coupes contribuent aussi à diminuer leur compétitivité en fertilisant du sol en accroissant celle des cultures en couloir. et le paillis (ou mulching) qui consiste à recouvrir le sol par les émondes (les branches coupées de la légumineuses).

Tableau 4.10 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferrallitiques moyens du village de Zouzouvou (1).

Etapas de l'analyse de variance		Comparaison des moyennes de		
		rendements (kg/ha)	marges nettes (fcfa/ha)	travaux(hj) agricoles
degré de liberté	inter-traitements		7	
	intra-traitements		128	
somme quadratique	inter-traitements	2 558 871	12411515284	104021
	intra-traitements	2 587124	7884317261	118948
Moyenne quadratique	inter-traitements	365 553	1173073612	14860
	intra-traitements	20 212	61596229	929
le ratio de Fischer : F calculé		18,1*	28,8*	16*

Source : nos propres estimations, 1994. (ns) = test non significatif.

* = test significatif à 1%, ** = test significatif à 5%, *** = test significatif à 10%

Dans les 8 traitements 4 sont dans des blocs à système de culture en couloir et 4 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 4 parcelles. Chaque parcelle est caractérisée par l'application ou non d'engrais NPK_{14/23/14} et l'utilisation de la variété locale ou de la variété hybride (NH2) de maïs. Fertilité moyenne signifie rendement de maïs compris dans] 500 ; 800] kg/ha.

Tableau 4.11 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements, de marges nettes et de temps de travaux agricoles entre les traitements homologues des blocs, avec (T3i) et sans (T0i) système de culture en couloir à base des haies de leucaena et de gliricidia, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux).

Contrastes	Niveaux additionnels moyens de		
	Rendements (kg/ha)	Marges nettes (fcfa/ha)	Temps de travaux agricoles (Hj)
T31 - T01	-9 (ns)	-11 094*	47*
T32 - T02	-243*	-23 435*	48*
T33 - T03	-87***	-15 181*	47*
T34 - T04	-221*	-22 239*	48*

Source: nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1% ** = test significatif à 5%, *** = test significatif à 10% ; le degré de liberté est égal à 128, correspondant à 4 répétitions de 8 traitements. Engrais = NPK_{14/23/14}.

- ▶ T31-T01: 100 kg/ha d'engrais et du maïs *NH2* dans les 2 blocs.
- ▶ T32-T02 0 kg/ha d'engrais et du maïs *NH2* dans les 2 blocs.
- ▶ T33-T03: 100 kg/ha d'engrais et du maïs *local* dans les 2 blocs.
- ▶ T34-T04 0 kg/ha d'engrais et du maïs *local* dans les 2 blocs.

Type de sol : sol ferrallitique moyen (500 < rendement (kg/ha) de maïs < 800).

4.2.4 La technologie à base de la jachère *mucuna* et la technologie traditionnelle sur les sols ferrugineux infestés par le chiendent (*Imperata cylindrica*)

La technologie de la jachère à *mucuna* a été développée sur les sols ferrugineux du village d'Eglimé dans l'objectif de lutter contre la recrudescence de l'impérata, mauvaise herbe nuisible au développement des cultures. Le *mucuna* se comporte ici comme un herbicide biologique; en conséquence l'application d'engrais n'a pas été essayée dans cette expérimentation en milieu réel; le principe ici est qu'avec la faculté du *mucuna* à couvrir rapidement le sol, les adventices sont systématiquement étouffés et éliminés à un taux voisin de 100 % (Projet-RAMR, 1992). En conséquence, la concurrence d'absorption des minéraux du sol se réduit favorisant ainsi l'augmentation de la production agricole.

Le chiendent (nom vulgaire de l'*Imperata cylindrica*) est une graminée sauvage qui joue d'autres rôles socio-économiques important pour le paysan (sert principalement à coiffer de paille les constructions rurales), mais dont la prédominance dans les champs réduit de manière considérable les rendements agricoles.

Les tableaux 4.12 et 4.13 ont révélé que les rendements physiques et les marges nettes obtenues dans le système *mucuna* sont significativement plus élevés que ceux obtenus dans le système traditionnel pris à témoin; le seuil de signification du test étant de 1 %, ce qui confirme indirectement l'effet positif du système *mucuna* dans l'étouffement et l'élimination de l'impérata dans les parcelles agricoles. Cet effet est le plus visible sur le terrain et constitue le principe premier qui retient l'attention du paysan, le relèvement de la fertilité du sol étant au second rang. Le t observé n'est pas significatif pour les besoins en temps de travaux agricoles des deux systèmes, ce qui est conforme aux résultats obtenus sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvou.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

Tableau 4.12 : Analyse de variance des rendements physiques, des marges nettes et des temps de travaux agricoles au niveau des 4 traitements faits dans les blocs avec et sans système *mucuna* sur les sols ferrugineux d'*Egline* colonisés par l'impérata.

Etapas de l'analyse de variance		Comparaison des moyennes de		
		rendements (kg/ha)	marges nettes (fcfa/ha)	travaux(hj) agricoles
degré de liberté	inter-traitements		7	
	intra-traitements		128	
somme quadratique	inter-traitements	2 558 871	12411515284	104021
	intra-traitements	2 587124	7884317261	118948
Moyenne quadratique	inter-traitements	365 553	1173073612	14860
	intra-traitements	20 212	61596229	929
le ratio de Fischer : F calculé		18,1*	28,8*	16*

Source : nos propres estimations, 1994. (ns) = test non significatif.

* = test significatif à 1%, ** = test significatif à 5%, *** = test significatif à 10%

Dans les 4 traitements 2 sont dans des blocs à système *mucuna* et 2 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 2 parcelles. Chaque parcelle est caractérisée par l'utilisation de la variété locale ou de la variété NH2 de maïs.

Tableau 4.13 : Signification statistique des niveaux additionnels de rendements, de marges nettes et de temps de travaux agricoles entre les traitements homologues des blocs, avec (T4i) et sans (T0i) système *mucuna*, par le test de Student appliqué à des contrastes orthogonaux (de rendements, de marges nettes et de temps de travaux) .

Contrastes	Niveaux additionnels moyens de		
	Rendements (kg/ha)	Marges nettes (fcfa/ha)	Temps de travaux agricoles (Hj)
T42 - T02	469*	43.859*	1,4 (ns)
T44 - T04	643*	53.011*	1,4 (ns)

Source : nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1 % ; ** = test significatif à 5% ; *** = test significatif à 10 % ; ns = non significatif ; le degré de liberté est égal à 128, correspondant à 4 répétitions de 8 traitements.

Engrais = NPK_{14/23/14} .

- ▶ T42-T02 : 0 kg/ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T44-T04 : 0 kg/ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.

type de sol : sol ferrugineux envahi par l'impérata.

Au total, dans les conditions de mauvaise répartition pluviométrique de la campagne agricole (1993-1994), le système *mucuna* et le système *acacia* se sont révélés plus compétitif et comporte apparemment moins de risques que le système traditionnel sur sols ferrallitiques médiocres. Le système *mucuna* contrairement au système *acacia* n'engendre pas une demande supplémentaire de main-d'oeuvre. A l'inverse des systèmes précédents, le système de culture en couloir à haies de *leucaena* et de *gliricidia* est moins compétitif et apparemment plus risqué que le système traditionnel sur les sols ferrallitique à fertilité moyenne de Zouzouvou ; en outre, il est très significativement exigeant en travail par rapport au système traditionnel. Quant au système *mucuna* sur les sols ferrugineux d'Eglime, les résultats sont semblables à ceux du système *mucuna* de Zouzouvou.

Ces résultats obtenus, sous les conditions de mauvaise répartition de pluies de la campagne (1993-1994), sont intéressants surtout dans le sens qu'on peut les considérer comme un premier scénario d'analyse du risque physique pouvant affecter les systèmes biologiques de conservation du sol analysés dans ce document.

Toutefois, pour apprécier à juste titre les systèmes biologiques de conservation du sol, une simulation est nécessaire.

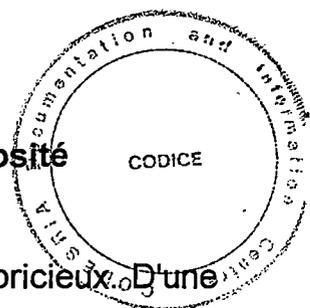
4.3 Les résultats statistiques ajustés par simulation à la conservation du sol.

Après une explication sur le simulateur de pluie, une analyse de variance et un test de comparaisons multiples sont faits sur les niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production entre les systèmes de jachère améliorée et le système traditionnel témoin.

4.3.1 L'estimation du rendement par simulation de la pluviosité

Depuis quelques années, le climat devient de plus en plus capricieux. D'une année à l'autre, les écarts de pluviométrie par rapport à la moyenne (1100 mm) sont sensiblement les mêmes, cependant, la variation dans la répartition des pluie est très grande. Les références traditionnelles d'appui à la prévision des précipitations pluviométriques par le paysan sont de plus en plus confuses et se révèlent inefficaces.

En particulier, les villages étudiés ont connu au cours de la campagne 1993-1994, une pluviosité capricieuse au moment où le maïs avait le plus besoin d'être arrosé. Bien que les écarts de précipitations pluviométriques annuelles observées de 1990 à 1993 ne soient pas sensibles, on peut constater que, pendant la période critique de croissance, le maïs avait été bien arrosé en 1991 et 1992 comparativement à 1993 (Projet RAMR, 1993) avec des rendements non négligeables de maïs dans la région d'étude. Pendant ces années (1991 et 1992), les rendements de maïs réalisés, dans les parcelles expérimentales de jachère à mucuna et à acacia et dans les couloirs de (leucaena + gliricidia), à Zouzouvou ont été enregistrés et analysée par le projet RAMR. Nous considérons ces données de rendements, avec celles directement observées en 1993, dans la même zone sur les mêmes types de sols, comme étant les meilleures permettant de construire les coefficients d'extrapolation de notre simulateur de pluviosité.



Les coefficients sont obtenus en faisant le rapport de la moyenne des rendements observés pendant les bonnes³³ années (1991 et 1992 pour les couloirs d'au moins 2 ans³⁴; 1990, 1991 et 1992 pour les jachères *mucuna* d'au moins un an³⁵; 1992 pour les jachères à *acacia* d'au moins 3 ans³⁶, et 1990 à 1992 pour le système agro-forestier Adja). Nous estimons que les résultats statistiques et économiques estimés sur la base des rendements corrigés par ce simulateur évaluent mieux les technologies biologiques de conservation du sol étudiées. Notons ici que plusieurs chercheurs ont utilisé la technique de simulation des rendements au moyen d'un simulateur (Scudder, 1962 ; Perrin et al, 1976 ; Watts et coll., 1982 ; Ouattara, 1995)³⁷.

³³ "bonne" signifie ici que la période critique de végétation du maïs a été assez bien couverte en eau.

³⁴ les résultats du projet RAMR (rapport d'activité 1992 et 1993) montrent une stabilité moyenne des rendements du maïs dans les couloirs de 2 et 3 ans.

³⁵ pareil à la note de page précédente.

³⁶ dans les systèmes à base d'acacia de 3 et 4 ans observés en 1993 la différence de rendement n'est pas significative (nos données, 1993).

³⁷ Scudder et (Watts et al) sont cités par Ouattara (1995).

4.3.2 La technologie de jachère à base du *mucuna* et la technologie traditionnelle témoin sur sols ferrallitiques médiocres.

L'hypothèse selon laquelle les revenus bruts, les coûts de production³⁸ et les marges nettes associés au système *mucuna* sont supérieurs à ceux associés au système traditionnel est vérifiée au seuil de 1 % (tableaux 4.14 et 4.15). L'avant dernière ligne du tableau 4.15 montre que l'effet de la variété améliorée de maïs dans le système de jachère *mucuna* est significatif, et donc qu'en termes financiers le choix de cette variété hybride peut procurer des revenus supérieurs à ceux tirés de la variété locale. On montre aussi que l'effet de l'application d'engrais NPK_{14,23,14} est remarquable sur le plan du revenu brut mais entraîne un coût total de production plus élevé et donc une marge nette non significative (dernière ligne du tableau 4.15). Autrement dit, que le paysan applique ou non de l'engrais, la marge nette de revenu n'est pas significative. A court terme, l'alternative sans engrais vaut financièrement celle avec engrais. Mais à long terme la loi des rendements décroissants va s'imposer du fait que certains nutriments essentiels non-générés par la minéralisation de la matière organique produite par le *mucuna* vont se trouver en quantité insuffisante dans le sol et devenir des facteurs potentiellement limitant pour la production agricole. Bien que le profit net dans le système *mucuna* n'est pas influencé par l'application d'engrais dans le court terme, une fumure d'entretien s'avère quand même indispensable pour assurer la durabilité du système dans le long terme.

Au total, l'analyse statistique confirme la rentabilité de l'application de l'engrais et de l'adoption de la variété améliorée du maïs dans le système à base de la jachère *mucuna*; et aussi la rentabilité des traitements associés au système *mucuna* par rapport aux mêmes traitements dans le système traditionnel.

³⁸les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale ont été comptabilisés dans l'évaluation des coûts totaux utilisés dans cette analyse. Nous avons ainsi procédé parce que la pratique des technologies améliorées a souvent une incidence marginale sur les temps de travaux. Par ailleurs, cette main-d'oeuvre est implicitement payée par le chef du ménage à travers la prise en charge de la nourriture, du logement et de la santé des membres du ménage.

Tableau 4.14 : Analyse de variance des revenus bruts, des marges nettes et des coûts de production au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système mucuna sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvou .

Etapes de l'analyse de variance		Comparaison des moyennes (fcfa/ha)		
		revenus bruts	marges nettes	coûts de production
Degré de liberté	inter-traitements		7	
	intra-traitements		72	
somme quadratique	inter-traitements	1,2x10 ¹¹	97604270409	4,217x10 ⁹
	intra-traitements	1,08x10 ⁹	11563241889	1,841x10 ⁹
Moyenne quadratique	inter-traitements	17,186x10 ⁹	13943467201	602487637
	intra-traitements	147045143	160 600 582	25572822
le ratio de Fischer : F calculé		116,9*	86,8*	23,6*

Source: nos propres estimations, 1994. (ns) = non significatif.

* = significatif à 1 %, ** = significatif à 5 %, *** = significatif à 10 %

Dans les 8 traitements 4 sont dans des blocs à système mucuna et 4 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 4 parcelles. Chaque parcelle est caractérisée par l'application ou non d'engrais NPK_{14/23/14} et l'utilisation de la variété locale ou de la variété NH2 de maïs. Médiocre signifie rendement de maïs < 500 kg / ha.

CODESRIA - L'INSTITUT

Tableau 4.15 : Signification statistique des niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production entre les traitements homologues des blocs, avec (T1i) et sans (T0i) système *mucuna*, par le test de Student appliqué à des contrastes (de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production).

Contrastes	Niveaux additionnels (fcfa/ha) moyens de		
	Revenus bruts	Marges nettes	coûts de production
T11 - T01	94073*	87632*	6441*
T12 - T02	76942*	67563*	9379*
T13 - T03	69996*	63511*	6485*
T14 - T04	58765*	49386*	9379*
$\Sigma(T1j) - \Sigma(T0j)$.effet <i>mucuna</i>	74944*	67023*	7921*
(T11+T12)-(T13+T14).effet variétal	23792*	23891*	0(ns)
(T11+T13)-(T12+T14).effet engrais	14506*	3380(ns)	10625*

Source : nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1 % , le degré de liberté est égal à 72, correspondant à 10 répétitions de 8 traitements.

Engrais = NPK_{14/22/14}

- ▶ T11-T01 : 100 kg / ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T12-T02 : 0 kg / ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T13-T03 : 100 kg / ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.
- ▶ T14-T04 : 0 kg / ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.

Type de sol : sol ferrallitique médiocre (rendement de maïs < 500 kg / ha).

4.3.3 La technologie de jachère à base de l'acacia et la technologie traditionnelle, prise à témoin, sur les sols ferrallitiques médiocres.

Les tableaux (4.16 et 4.17) montrent que les revenus bruts, les coûts de production, et les marges nettes de la technologie à base de la jachère acacia sont significativement supérieurs à ceux de la technologie traditionnelle témoin au seuil de 1 %. On montre également, que l'acacia a un effet global significativement plus élevé par rapport au système sans acacia (ligne effet acacia du tableau 4.17). L'effet de l'adoption de la variété hybride NH2 de maïs, par rapport à l'option d'adoption de la variété locale, dans le système acacia (ligne effet variétal du tableau 4.17) montrent que la variété hybride du maïs n'a pas d'effet significatif sur les niveaux additionnels

de revenu brut, des coûts de production et des marges nettes. L'effet de l'application de 100 kg / ha d'engrais NPK, par rapport à l'option sans engrais, dans le système mucuna n'est significatif que pour les coûts de production (ligne effet engrais du tableau 4.17) ; l'utilisation de l'engrais chimique n'est donc pas rentable dans le court terme, mais comme dit précédemment, pour pérenniser la conservation du sol et garantir sa rentabilité à long terme, une fumure minérale d'entretien est indispensable.

Globalement, l'analyse statistique conteste la rentabilité de l'application de l'engrais et de l'adoption de la variété améliorée du maïs dans le système à base de la jachère acacia à court terme. Cependant, elle confirme la rentabilité du système acacia par rapport au système sans acacia, quels que soient le traitement d'engrais (0 ou 100 kg / ha) appliqué et la variété de maïs (NH2 ou local) adoptée.

Tableau 4.16 : Analyse de variance des revenus bruts, des marges nettes et des coûts de production au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système acacia sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouyou.

Etapes de l'analyse de variance		Comparaison des moyennes (fcfa/ha)		
		revenus bruts	marges nettes	coûts de production
degré de liberté	inter-traitements		7	
	intra-traitements		24	
somme quadratique	inter-traitements	51,546x10 ⁹	39,812x10 ⁹	2,337x10 ⁹
	intra-traitements	6,012x10 ⁹	6,663x10 ⁹	100584441
Moyenne quadratique	inter-traitements	7,363x10 ⁹	5,687x10 ⁹	333879859
	intra-traitements	250493613	277658474	4191018
le ratio de Fischer : F calculé		29,4*	20,5*	79,6*

Source : nos propres estimations, 1994. (ns) = test non significatif.

* = test significatif à 1 %, ** = test significatif à 5 %, *** = test significatif à 10 %

Dans les 8 traitements 4 sont dans des blocs à système acacia et 4 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 4 parcelles. chaque parcelle est caractérisée par l'application ou non d'engrais NPK_{14/23/14}, et l'utilisation de la variété locale ou de la variété NH2 de maïs. (Médiocre signifie rendement de maïs inférieur à 500 kg / ha).

Tableau 4.17 : Signification statistique des niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production entre les traitements homologues des blocs, avec (T2i) et sans (T0i) système acacia, par le test de Student appliqué à des contrastes (de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production).

Contrastes	Niveaux additionnels (fcfa/ha) moyens de		
	Revenus bruts	Marges nettes	coûts de production
T21 - T01	86109*	76761*	9349*
T22 - T02	76443*	66268*	10176*
T23 - T03	80531*	71182*	9349*
T24 - T04	75360*	65184*	10176*
$\sum(T2i) - \sum(T0i)$. effet acacia	79611*	69849*	9762*
(T21+T22) - (T23+T24).effet variétal	6786 (ns)	6786 (ns)	0(ns)
(T21+T23) - (T22+T24).effet engrais	11111 (ns)	-2500 (ns)	13611*

Source : nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1 % ; ** = test significatif à 5 % ; *** = test significatif à 10% ; le degré de liberté est égal à 24, correspondant à 4 répétitions de 8 traitements. Engrais = NPK_{14/22/14}.

- ▶ T21-T01 : 100 kg/ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T22-T02 : 0 kg/ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T23-T03 : 100 kg/ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.
- ▶ T24-T04 : 0 kg/ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.

Type de sol : sol ferrallitique médiocre (rendement de maïs < 500 kg / ha)

4.3.4 La technologie de culture en couloir à base du *leuceana* et du *gliricidia*, et la technologie traditionnelle témoin sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne.

Les revenus bruts et les coûts totaux de production obtenus dans le système avec couloirs sont significativement plus élevés par rapport à ceux obtenus dans le système sans couloirs; mais les marges nettes qui en résultent sont significatives seulement sur les parcelles où une dose de 100 kg / ha d'engrais a été appliquée (tableaux 4.18 et 4.19). Ce comportement des couloirs peut s'expliquer par le fait qu'ils ont une capacité plus faible de restaurer la fertilité du sol par rapport aux systèmes mucuna et acacia. Lorsqu'on isole le système à couloir, on constate que les options de 100 kg / ha d'engrais NPK ou de la variété hybride NH2 permettent des revenus bruts et des marges nettes significativement plus élevés.

Pour résumer, l'analyse statistique confirme la rentabilité de l'application de l'engrais et de l'adoption de la variété améliorée du maïs dans le système de culture en couloir à haies de *leucaena* et de *gliricidia*. Concernant la rentabilité du système avec couloir, par rapport au système sans couloir, seules sur les parcelles où une dose de 100 kg / ha d'engrais est appliquée peut on dégagé des marges nettes significatives.

Tableau 4.18 : Analyse de variance des revenus bruts , des marges nettes et des coûts de production au niveau des 8 traitements faits dans les blocs avec et sans système de culture en couloir à haies de *leucaena* et de *gliricidia* sur les sols ferrallitiques moyens de Zouzouvou .

Etapas de l'analyse de variance	Comparaison des moyennes (fcfa/ha)		
	revenus bruts	marges nettes	coûts de production
degré de liberté	inter-traitements		7
	intra-traitements		128
somme quadratique	inter-traitements	1,01x10 ¹¹	36,404x10 ⁹
	intra-traitements	32,486x10 ⁹	33,022x10 ⁹
Moyenne quadratique	inter-traitements	14,45x10 ⁹	5,200x10 ⁹
	intra-traitements	253802490	257990321
le ratio de Fischer : F calculé		56,9*	20,1*
			454*

Source : nos propres estimations, 1994. (ns) = test non significatif ;

* = test significatif à 1 % ; ** = test significatif à 5 % ; *** = test significatif à 10 %.

Dans les 8 traitements 4 sont dans des blocs à système de culture en couloir et 4 dans des blocs témoins. Chaque bloc comporte 4 parcelles. Chaque parcelle est caractérisée par l'application ou non d'engrais NPK_{14/23/14}, et l'utilisation de la variété locale ou de la variété NH2 de maïs. Fertilité moyenne signifie : rendement de maïs compris entre 500 et 800 kg / ha.

Tableau 4.19 : signification statistique des niveaux additionnels de revenus bruts, de marges nettes et de coûts de production entre les traitements homologues des blocs, avec (T3i) et sans (T0i) système de culture en couloir à haies de *leucaena* et de *gliricidia*, par le test de Student appliqué à des contrastes (de revenus bruts, de marges nettes et de coûts totaux).

Contrastes	Niveaux additionnels (fcfa/ha) moyens de		
	Revenus bruts	Marges nettes	coûts de production
T31 - T01	71833*	49204*	22629*
T32 - T02	29914*	7214 (ns)	22699*
T33 - T03	44527*	21896*	22629*
T34 - T04	26542*	3842 (ns)	22699*
$\sum(T3i) - \sum(T0i)$.effet haies & couloirs	43204*	20539*	22665*
(T31+T32)-(T33+T34) =effet variétal	17296*	17296*	0 (ns)
(T31+T33)-(T32+T34) =effet engrais	40180*	28223*	11958*

Source: nos propres estimations, 1994. * = test significatif à 1 % ; ** = test significatif à 5 % ; *** = test significatif à 10 % ; le degré de liberté est égal à 128 et correspond à 4 répétitions de 8 traitements . Engrais = NPK_{14/23/14}.

- ▶ T31-T01 : 100 kg / ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T32-T02 : 0 kg / ha d'engrais et du maïs NH2 dans les 2 blocs.
- ▶ T33-T03 : 100 kg / ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.
- ▶ T34-T04 : 0 kg / ha d'engrais et du maïs local dans les 2 blocs.

Type de sol : sol ferrallitique moyen (500 < rendement (kg/ha) de maïs < 800).

4.4 Les résultats statistiques : limites et fondements agronomiques

4.4.1 Limites de l'analyse statistique

Les résultats statistiques obtenus représentent sans doute une contribution appréciable au processus de prise de décision en terme d'une agriculture durable et d'une amélioration des conditions de vie dans le monde rural. Toutefois, ils doivent être

interprétés avec prudence car le nombre de répétitions³⁸ n'a pas toujours été suffisant pour faire des généralisations fiables. Cette situation est très critique au niveau du système acacia. En effet, compte tenu de la date du démarrage effectif de cette expérimentation (1990) en milieu paysan, de la durée de 2,5 à 3 ans de la jachère avant la phase culturale, du petit nombre de paysans ayant participé à la première année, c'est en 1993 que les premières parcelles sont entrées dans la phase culturale. Pour ces raisons nous n'avons pu étudier que 4 répétitions, soient 32 parcelles pour l'expérimentation du système acacia.

La seconde contrainte est liée à la taille réduite des parcelles expérimentales, généralement 100 m², soit 800 m² en moyenne par répétition. Ce n'était pas possible d'avoir des parcelles de taille plus élevée compte tenu de la méfiance du paysan vis à vis des innovations et de la pénurie prononcée des terres agricoles dans le département du Mono.

C'est aussi sous des conditions pareilles que les agronomes opèrent en station. Cependant, contrairement à la recherche fondamentale, le point fort de cette expérimentation est qu'elle a pu être réellement exécutée dans le milieu paysan, sous la gestion paysanne et avec la collaboration effective du paysan.

4.4.2 Fondement agronomique des résultats

Dans la campagne agricole (1993-1994), les systèmes mucuna et acacia sont plus rentables que le système traditionnel qui est, à son tour, plus rentable que le système de culture en couloir. Ces résultats sont explicables en partie par les

³⁸ rappel: 10 répétitions sur le système mucuna, soient 10*8=80 parcelles ; 4 répétitions sur le système acacia, soient 4*8=32 parcelles ont été étudiées sur les sols ferrallitiques appauvris du village de Zouzouvou. 17 répétitions sur le système en couloir, soient 17*8=136 parcelles ont été étudiées sur les sols ferrallitiques de fertilité intermédiaire du village de Zouzouvou. 18 répétitions sur le système mucuna, soient 18*4=72 parcelles ont été étudiées sur les sols ferrugineux envahis par le chiendent dans le village d'Eglime.

caractéristiques agronomiques des légumineuses utilisées dans les trois systèmes de jachère améliorée.

Le mucuna est une légumineuse qui a la faculté de couvrir rapidement la surface du sol. C'est une légumineuse de couverture qui produit une grande quantité de matière organique ; en conséquence il permet une conservation durable de l'eau de pluie dans les couches arables du sol. Il supporte donc davantage les caprices de précipitations. De la même manière, après la jachère *acacia*, le sol est entièrement recouvert. L'épaisseur du paillis ainsi constitué peut varier de 10 à 20 cm au dessus du sol ; ce qui réduit l'évapo-transpiration, accroît la conservation de l'eau dans la terre arable et minimise l'effet d'une mauvaise répartition des pluies.

Dans les systèmes intégrant ces deux légumineuses, le paillage est automatique et la conservation de l'eau liée au système est indépendante de la gestion bonne ou mauvaise du système par le paysan.

Dans le cas des cultures en couloir la gestion des haies et des couloirs est obligatoire. Le paysan doit assurer l'émondage des haies et le paillage des émondes. Lorsque l'entretien des haies et des couloirs est régulier³⁹, et que toutes les émondes sont paillées, la conservation de l'eau de pluie dans le sol est durable et la culture en couloir peut supporter assez bien les caprices des pluies. En milieu réel Adja, l'entretien des haies et des couloirs n'est pas parfait ; les haies ne sont pas toujours bien émondées, les couloirs ne sont pas aussi bien paillés, le nombre de sarclages et d'émondages nécessaire par saison agricole n'est pas respecté (2 au lieu de 3). Les causes de ces imperfections sont :

- la technologie de culture en couloir est nouvelle (tout comme les systèmes mucuna et acacia) pour le paysan.
- l'écart entre les exigences en gestion de ce système et celles de la pratique traditionnelle courante est plus grand que l'écart entre les exigences en gestion

³⁹ normalement 2 fois par saison agricole. La première fois, un peu avant le semis de la culture en couloirs. La deuxième fois pendant la phase de floraison et de fructification de la culture en couloirs.

du système mucunã ou acacia et celle du système traditionnel. Le système de culture en couloir n'est pas une jachère véritable (du genre de la jachère traditionnelle) comme les systèmes mucuna ou acacia.

- le système de culture en couloir, contrairement aux autres, requiert un savoir-faire totalement nouveau.

Ces raisons expliquent les faibles résultats obtenus dans la campagne agricole au niveau du système de culture en couloir.

Après les analyses statistiques et le fondement agronomique des résultats obtenus, nous allons aborder successivement :

- une analyse économique dans une perspective de court ou moyen terme pour déterminer les traitements qui sont financièrement plus rentables.
- et une analyse de risque (dominance stochastique), pour estimer avec plus de précision les caractéristiques de risque des systèmes avec et sans jachère améliorée.

4.5 Présentation générale des budgets de culture de maïs associés aux systèmes de conservation.

Il faut rappeler ici que les budgets sont construits sur la base des tests de contrastes orthogonaux. En effet, construire un budget sur la base de rendements et de marges nettes non significatif n'a pas de sens.

Sur cette base, un budget de culture du maïs a été construit (coûts, des revenus, des temps de travaux et des marges de profit) pour chaque système de conservation du sol et le système traditionnel homologue pris à témoin, (Tableaux No : 1, 2, 3 et 4 de l'annexe 1). Ils présentent les coûts totaux et les marges nettes de profit sous diverses hypothèses de mode à faire valoir de la terre (la tenure directe, le métayage et le fermage) et de prise en compte ou non du coût de la main-d'oeuvre. Ces budgets assez détaillés constituent la base des analyses de rentabilité effectuées dans cette section.

Ces budgets montrent que les coûts de production sont plus élevés au niveau des métayers⁴⁰ qu'au niveau du fermier⁴¹. Les coûts de production les plus faibles sont observés au niveau du propriétaire-exploitant.

Dans l'hypothèse où, l'on considère que la main-d'oeuvre se rémunère par le profit comme dans le cas de l'entrepreneur (c'est à dire que la main-d'oeuvre familiale est ignorée dans le calcul des coûts de production, et valorisée par la suite à partir du profit), les marges nettes sont positives quel que soit le mode de tenure de la terre. Ce résultat est dû au fait que les coûts de production sont limités pratiquement à celui des semences, de la main-d'oeuvre payée (rarement utilisée), du petit matériel agricole et plus rarement à celui de l'engrais, de sorte que les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale représente la quasi-totalité des coûts totaux, si on les considère.

Par ailleurs, dans l'hypothèse où la main-d'oeuvre familiale est rémunérée comme un facteur de production (c'est à dire lorsqu'elle est calculée à son coût d'opportunité et prise en ligne de compte dans le calcul des coûts de production), les budgets en annexe 1 montrent des différences économiques importantes lorsqu'on passe d'un mode tenure à un autre, d'un traitement à un autre, et d'un système de conservation du sol à un autre.

⁴⁰ Il s'agit d'un exploitant non-propriétaire qui est tenu de verser, au moment de la récolte, le tiers (1/3) de sa production au propriétaire de la terre.

⁴¹ Il s'agit d'un exploitant non-propriétaire qui loue une parcelle de terre pour quelques années, généralement 3 à 8 ans.

4.6 Analyse des revenus et des caractéristiques de risque dans le système mucuna et le système traditionnel sur les sols ferrallitiques médiocres.

4.6.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système mucuna

Le tableau 1 de l'annexe 1, montre des marges nettes positives dans le système *mucuna* contre des marges négatives dans le système traditionnel homologue pris à témoin, lorsqu'on enlève du revenu brut le coût calculé de la main-d'oeuvre familiale. Nonobstant, dans le système *mucuna*, les marges sont plus importantes avec la variété améliorée et l'application d'une dose de 100 kg / ha d'engrais. Quant à la comparaison du coût d'opportunité utilisé dans le calcul du coût de la main-d'oeuvre familiale⁴² à la valorisation de la main-d'oeuvre familiale, les différences sont nettes lorsqu'on passe du système traditionnel au système *mucuna*. Le tableau 4.20 montre, à cet effet, que le système *mucuna* rémunère mieux la main-d'oeuvre familiale. En outre, il permet deux types d'analyse :

- les facteurs tels que l'utilisation de la variété améliorée, l'application de l'engrais et la détention d'un droit de propriété sur la terre n'agissent pas sur la rentabilité du système traditionnel (sur sols ferrallitiques médiocres) au sens de rémunérer la main-d'oeuvre familiale tout au moins au niveau du taux minimum de salaire pratiqué en milieu rural Adja qui est de 50 fcfa l'homme-heure (Dissou, 1983). La pratique traditionnelle a donc atteint un niveau de dégradation tel que, le paysan persistant dans cette méthode a un coût social important à payer.
- Avec le système *mucuna*, la main-d'oeuvre familiale se trouve 1,5 à 2 fois mieux rémunérée par rapport au salariat agricole qui représentait pour le paysan un expédient. Cette analyse est valable pour tous les traitements agronomiques appliqués, et le type d'exploitant agricole considéré.

⁴²le taux de salaire pratiqué dans le salariat agricole en milieu rural.

Tableau 4.20 : Comparaison de la valorisation (fcfa/ homme-jour) de la main- d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvou, entre les systèmes avec et sans mucuna.

tenure des terres	avec système mucuna (T1i)				sans système mucuna (T0i)			
	T11	T12	T13	T14	T01	T02	T03	T04
propriété	184	173	136	136	28	47	22	43
métayage	128	126	95	101	12	30	8	27
fermage	165	154	117	117	8	26	2	22

Source : nos propres estimations, 1994.

Calculs dérivés du tableau 1 de l' annexe1. Nombre de parcelle : 10 répétitions de 8 parcelles correspondant à 8 traitements.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i = 3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

4.6.2 L'analyse marginale et l'analyse du risque entre le système *mucuna* et le système traditionnel.

4.6.2.1 Coûts additionnels, revenu additionnels et taux de rentabilité marginale engendrés par le système avec mucuna par rapport au système sans mucuna pris à témoin.

On avait vu dans l'analyse statistique, que le système mucuna par rapport au système traditionnel, n'est pas exigeant en main-d'oeuvre. Le coût total additionnel qu'il implique est important mais bien moindre que le revenu additionnel de sorte que la marge nette de profit est incitative.

Le tableau 4.21 montre qu'en adoptant le système mucuna de préférence au système traditionnel, le paysan gagne sur 100 fcfa investi un montant supplémentaire variant de 527 à 1360 fcfa sous l'hypothèse du coût de la main-d'oeuvre familiale calculé et de 964 à 1603 fcfa sous l'hypothèse du coût de la main-d'oeuvre non calculé. C'est donc un système attrayant et prometteur de changements qualitatifs dans le monde rural.

Tableau 4.21 : Présentation des résultats (fcfa / ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés aux systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvou.

Pratique avec (T1i) et sans (T2i) jachère <i>mucuna</i> .		(T11,T01)	(T12,T02)	(T13,T03)	(T14,T04)
	revenu brut additionnel(add.)	94073	76942	69996	58765
	nombre d'hommes -jour add.	2	7	2	7
Hypothèse 1	coûts add	5525	5525	5525	5525
	revenu net add.	88548	71417	64471	53240
	TRM(%)	1603	1293	1167	964
Hypothèse 2	coût add.	6441	9379	6485	9379
	revenu net add.	87632	67563	63511	49386
	TRM(%)	1360	720	979	527

source: nos propres estimations, 1994. Calculs dérivés du tableau 1 de l'annexe 1.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i = 3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

hypothèse 1 & 2 = respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

4.6.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans *mucuna*.

Les figures 5 et 6 font la synthèse sur l'analyse des avantages nets dominants dans le système *mucuna* et le système traditionnel servant de témoin. Le principe de la méthode est mentionné dans la procédure d'estimation.

Si l'on suppose que le paysan se rémunère par le profit (figure 5), on trouve trois traitements dominants, à savoir :

- l'utilisation de la variété améliorée du maïs sans apport d'engrais dans le système traditionnel,

- ▶ l'utilisation de la variété améliorée du maïs sans apport d'engrais dans le système mucuna
- ▶ et enfin, l'utilisation de la variété améliorée de maïs avec apport d'engrais dans le système mucuna.

Le taux de rentabilité marginale du premier traitement dominant par rapport au deuxième est de 1293 % et celui du deuxième par rapport au troisième est de 91 % ; ce qui signifie que le paysan a intérêt à choisir la technologie du mucuna, à utiliser la variété hybride NH2 et à appliquer de l'engrais pour optimiser son revenu et avoir la garantie de produire de façon durable.

Maintenant, si au lieu de supposer que le paysan se rémunère par le profit, on pose l'hypothèse de rémunération de la main-d'oeuvre familiale à l'instar d'un facteur de production (figure 6) ; seuls les deux derniers traitements dominants du cas précédent sont à retenir comme traitements dominants dans celui -ci ; et le choix du deuxième traitement aux dépens du premier entraîne un avantage net additionnel de 71 fcfa / ha pour 100 fcfa / ha de coûts supplémentaires.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

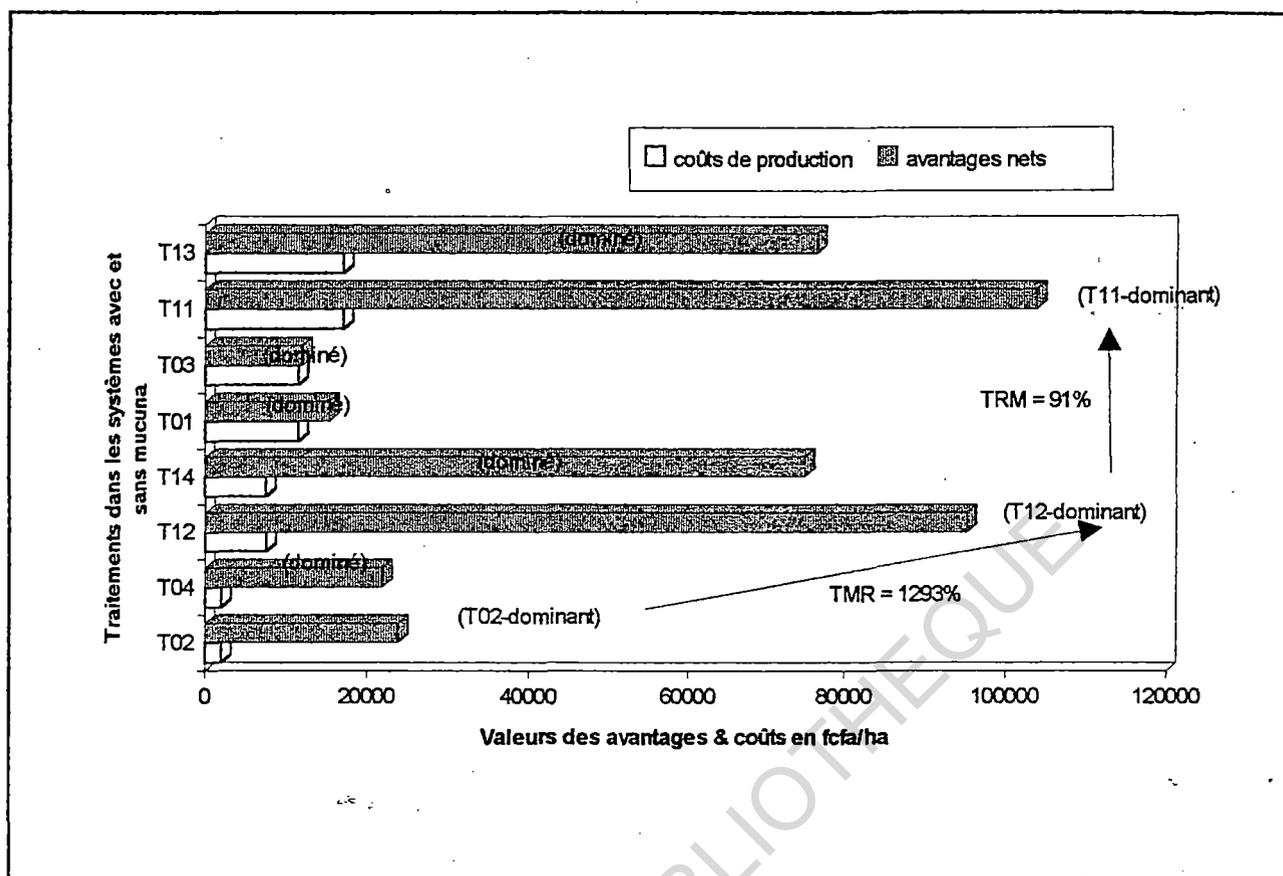


FIGURE 5 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T1i) et sans (T0i) jachère mucuna sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvo. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 1 " signifie utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs et appliquer une dose de 100 kg/ha d'engrais NPK_(14/23/14).
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 3 " veut dire utiliser la variété locale de maïs et appliquer une dose de 100 kg/ha d'engrais NPK_{14/23/14}.
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 5 dérivée du tableau 1 de l'annexe 2

Nos propres estimations, 1994.

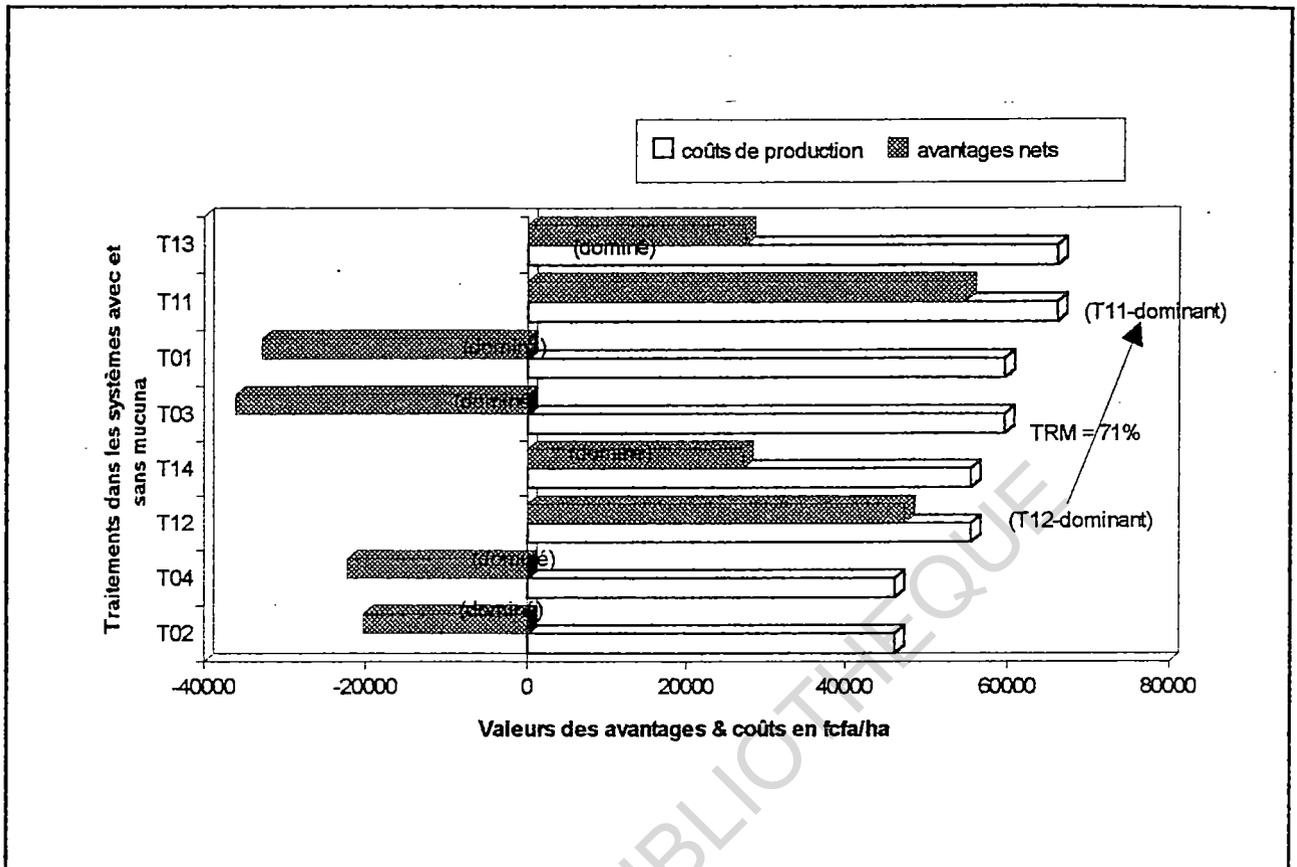


FIGURE 6 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T1i) et sans (T0i) jachère mucuna sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvo. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 1 " signifie utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14/23/14).
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 3 " veut dire utiliser la variété locale de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_{14/23/14}.
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 6 dérivée du tableau 1 de l'annexe 2.

Nos propres estimations, 1994.

4.6.2.3 L'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans *mucuna*.

Nos estimations sont faites en grande partie sur la base des prix et coûts espérés qui prennent en compte au moins partiellement le risque économique.

L'utilisation du coût d'opportunité du travail agricole dans le calcul des coûts de la main-d'oeuvre familiale, influence considérablement le niveau des coûts totaux, des marges de profit et, par conséquent, le choix des traitements dominants. Pour cette raison, il est indispensable, d'étudier la sensibilité de ces variables en fonction du niveau de rémunération de la main-d'oeuvre dans les activités offrant des opportunités de capitaux dans le monde rural. Le tableau 4.22 montre la variabilité des coûts, des marges et des taux de rentabilité marginales des traitements dominants lorsque le coût d'opportunité de la main-d'oeuvre varie.

Lorsque les coûts d'opportunité du travail sont inférieurs ou égaux au salaire minimum en milieu rural où plus généralement au taux du salaire agricole, les coûts totaux sont modérés et les profits sont plus importants de sorte que le choix d'un traitement dominant par rapport à un autre de niveau inférieur est plus rémunérateur. Ce cas est surtout applicable aux femmes rurales qui pratiquent généralement des activités de transformation artisanales telles que la transformation du manioc en gari et de l'arachide en huile.

Si, au contraire, les coûts d'opportunité du travail sont supérieurs au taux de salaire agricole en milieu rural (cas applicable aux distilleurs de vin de palme et aux transformatrices de noix de palme en huile rouge), les coûts totaux sont plus élevés de même que les profits moindres. De toutes les façons, pour les cas observés, on enregistre pas de perte.

Au total, les traitements dominants, à système *mucuna*, restent intéressants, quel que soit le coût d'opportunité utilisé dans l'évaluation des coûts de la main-d'oeuvre familiale.

Tableau 4.22 : Analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec (T1i) et sans (T0i) mucuna sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzou sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production.

coûts d'opportunité du travail agricole (fcfa / homme-heure)	traitements dominants	coûts totaux (fcfa / ha)	avantages nets (fcfa / ha)	TRM: taux de rentabilité marginale
40	T02	22263	3569	
	T12	29560	73214	9,5
	T11	39577	81318	81
50	T02	27329	-1497	
	T12	35069	67705	
	T11	45216	75680	79
87	T02	46073	-20241	
	T12	55452	47322	
	T11	66077	54818	71
117	T02	61271	-35439	
	T12	71972	30795	
	T11	82992	37903	65
134	T02	69883	-44052	
	T12 ^②	81345	21429	
	T11 ^①	92577	28318	61

source : nos propres estimations, 1994.

Le gras et le signe " ^② " servent juste d'exemple sur la compréhension, à avoir, du TRM. 61 % est le TRM, lorsqu'on décide d'abandonner T12 pour T11.

i =1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i =2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

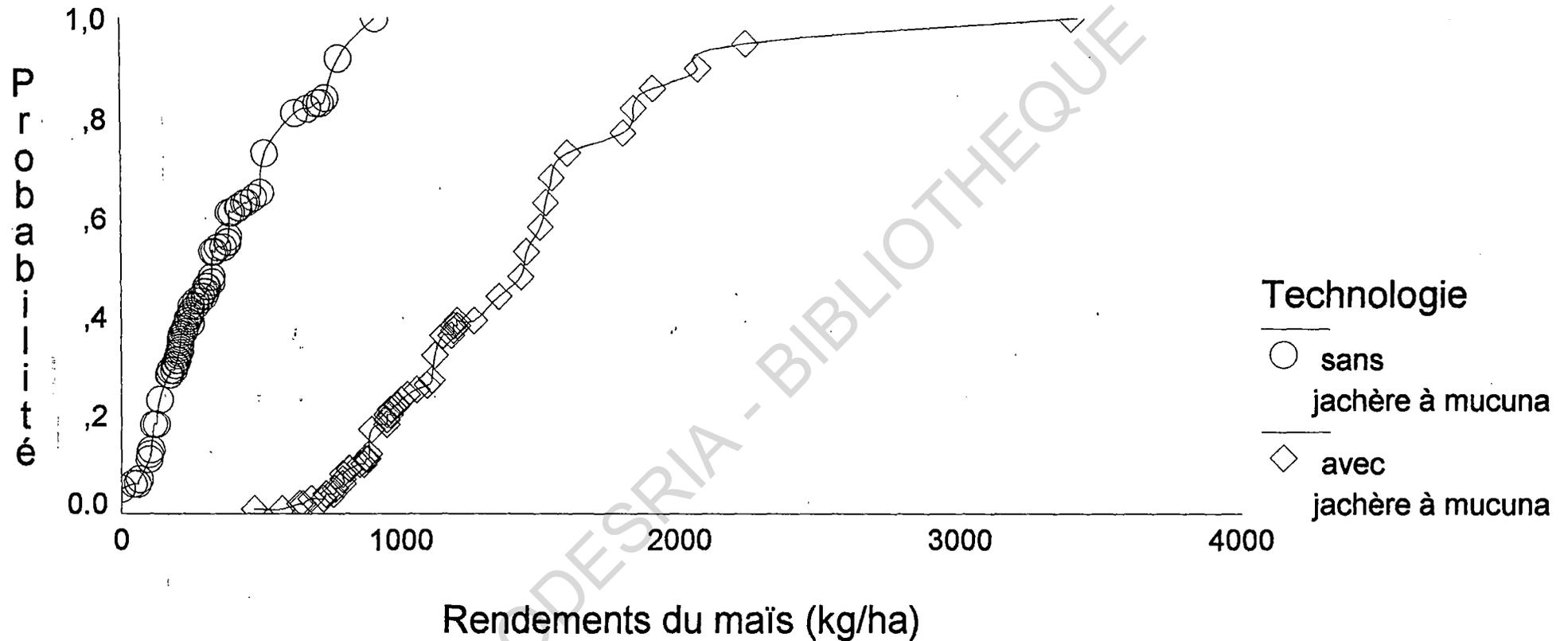
4.6.2.4 L'analyse des caractéristiques de risque de production du système mucuna par rapport au système traditionnel sur le plateau Adja.

Les courbes cumulatives de la figure 7 montrent que le système traditionnel est dominé au premier degré de dominance stochastique par le système mucuna. Autrement dit, à tous les niveaux de rendement du maïs, le système traditionnel comporte systématiquement plus de risques. Ce résultat graphique a été ensuite confirmé par le test de Kolmogorov-Smirnov sur les deux répartitions cumulatives qui sont significativement différentes au seuil de 1 % (tableau 4.23). Le système mucuna est donc une technologie qui pourrait être acceptable même aux paysans qui ont de l'aversion contre le risque.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Figure 7: Courbes cumulatives des risques
Dominance stochastique avec & sans mucuna

Sols ferralitiques médiocres, Zouzouvou (1990 - 1993)



Source : nos propres estimations, 1994.

Tableau 4.23 : Présentation des résultats du test de Kolmogorov-Smirnov appliqué aux répartitions cumulatives du système mucuna et son témoin sur le plateau Adja.

nombre d'observations dans le système <i>mucuna</i> .	nombre d'observations dans le système traditionnel	nombre d'années d'observation	La D observée	La D critique de K-S au seuil de	
				1 %	5 %
62	74	4	0,8646	0,2802	0,2338

Source : nos propres estimations, 1994. K-S = Kolmogorov-Smirnov
D = distance verticale maximale entre les 2 répartitions.

Au total, les analyses montrent que le système mucuna présente moins de risque que la pratique traditionnelle prise à témoin. Le système *mucuna* est donc préférable au système traditionnel, abstraction faite d'autres contraintes socio-économiques telles que la tenure foncières.

4.7 Analyse des revenus et des caractéristiques de risque dans le système Acacia et le système traditionnel, sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouyou.

4.7.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système acacia.

Le tableau 2 de l'annexe 1, montre des caractéristiques semblables au cas du système avec et sans mucuna. Toutefois, lorsqu'on soustrait les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale du revenu brut total, les effets de la variété de maïs et de l'application d'engrais dans le système acacia ne sont plus considérables sur le niveau des marges de profit. Du reste, le tableau 4.24 montre que le système acacia valorise nettement mieux la main-d'oeuvre familiale que le système traditionnel. En effet, il montre globalement que les résultats au niveau du système acacia sont 3 à 5 fois plus élevés que ceux du système traditionnel pris à témoin.

Tableau 4.24 : Comparaison de la valorisation (fcfa / homme-jour) de la main-d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvou, entre les systèmes avec et sans acacia.

tenure des terres	avec système acacia (T2i)				sans système acacia (T0i)			
	T21	T22	T23	T24	T01	T02	T03	T04
propriété	174	179	156	174	40	54	32	50
métayage	121	131	109	127	20	34	14	32
fermage	156	160	138	154	21	32	12	28

Source : nos propres estimations, 1994. Calculs dérivés du tableau 2 de l'annexe1.
 nombre d'observations : 4 répétitions de 8 parcelles correspondant à 8 traitements.
 i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.
 i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.
 i = 3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.
 i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

4.7.2 L'analyse marginale et l'analyse du risque entre le système acacia et le système traditionnel.

4.7.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginale engendrés par le système acacia par rapport au système traditionnel.

L'analyse statistique avait montré l'exigence du système *acacia* en main-d'oeuvre. Aussi, bien que le coût total supplémentaire engendré soit assez conséquent, il permet de dégager une marge nette de profit confortable.

Le tableau 4.25 montre que le choix du système *acacia* de préférence au système traditionnel, permet au paysan de gagner, pour un investissement de 100 fcfa, un revenu net variant de 641 à 821 fcfa, lorsque les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont ignorés dans l'analyse. Ce revenu net devient plus élevé (1.018 à 1.178 fcfa) sous l'hypothèse contraire où les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale sont inclus dans l'évaluation. Les taux de rentabilité marginale dans le système *acacia* apparaissent en moyenne quelque peu inférieurs à ceux du système *mucuna*. Mais, ce qui est clair, c'est que le gain, que procure aussi bien le système *acacia* que le

système mucuna, est largement au-dessus des taux de rémunération des capitaux dans les activités non-agricoles étudiées (40 % à 134%).

Tableau 4.25 : Présentation des résultats (fcfa / ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés aux systèmes avec et sans acacia sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvou.

Pratiques avec (T2i) et sans (T0i) jachère <i>acacia</i> .		(T21,T01)	(T22,T02)	(T23,T03)	(T24,T04)
revenu brut additionnel(add.)		86109	76443	80531	75360
nombre d'hommes- jour add.		5	7	5	7
Hypothèse 1	coût add.	6739	6739	6739	6739
	revenu net add.	79371	69705	73792	68621
	TRM	1178	1034	1095	1018
Hypothèse 2	coûts add.	9349	10175	9349	10175
	revenu net add.	76761	66268	71182	65184
	TRM	821	651	761	641

Source : nos propres estimations, 1994. calculs dérivés du tableau 2 de l'annexe 1.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i = 3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

hypothèse1 & 2 = respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

4.7.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans acacia.

Les figures (8 et 9) font le point sur l'analyse des avantages nets dominants dans le système acacia et le système traditionnel servant de témoin. Les résultats sont semblables à ceux du système mucuna, notamment au niveau des traitements dominants. Les taux de rentabilité marginale entre traitements dominants sont, par contre, quelque peu plus faibles.

Lorsque les coûts estimés de la main-d'oeuvre familiale sont ignorés dans le calcul des coûts de production (figure 8), le taux de rentabilité marginale entre le traitement (T02) qui consiste à utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs sans appliquer de l'engrais dans le système traditionnel servant de témoin, et le traitement (T22) consistant à utiliser la même variété de maïs sans application d'engrais dans le système acacia est de 1.034 %. Le gain maximum est, cependant, obtenu avec le traitement (T21) " variété hybride et une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK dans le système acacia ". Pour ce traitement, l'avantage net supplémentaire moyen est estimé à 5.600 fcfa / ha pour un surplus de coûts de production de 10.000 fcfa / ha, lorsqu'on se désiste pour le traitement (T22).

Si, au contraire, on comptabilise les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale dans les coûts de production, la figure 9 montre que c'est seulement les traitements (T22) et (T21) qui sont dominants ; et le taux de rentabilité marginale pour passer de (T22) à (T21) est de 9 %. Ce taux est assez faible et peut susciter une indifférence au niveau du choix entre les traitements dominants, si le capital investi par hectare n'est pas important ; toutefois, le paysan rationnel doit opter pour le traitement (T21) qui porte au maximum les avantages nets supplémentaires tout en apportant une fumure d'entretien qui garantit la durabilité des rendements agricoles.

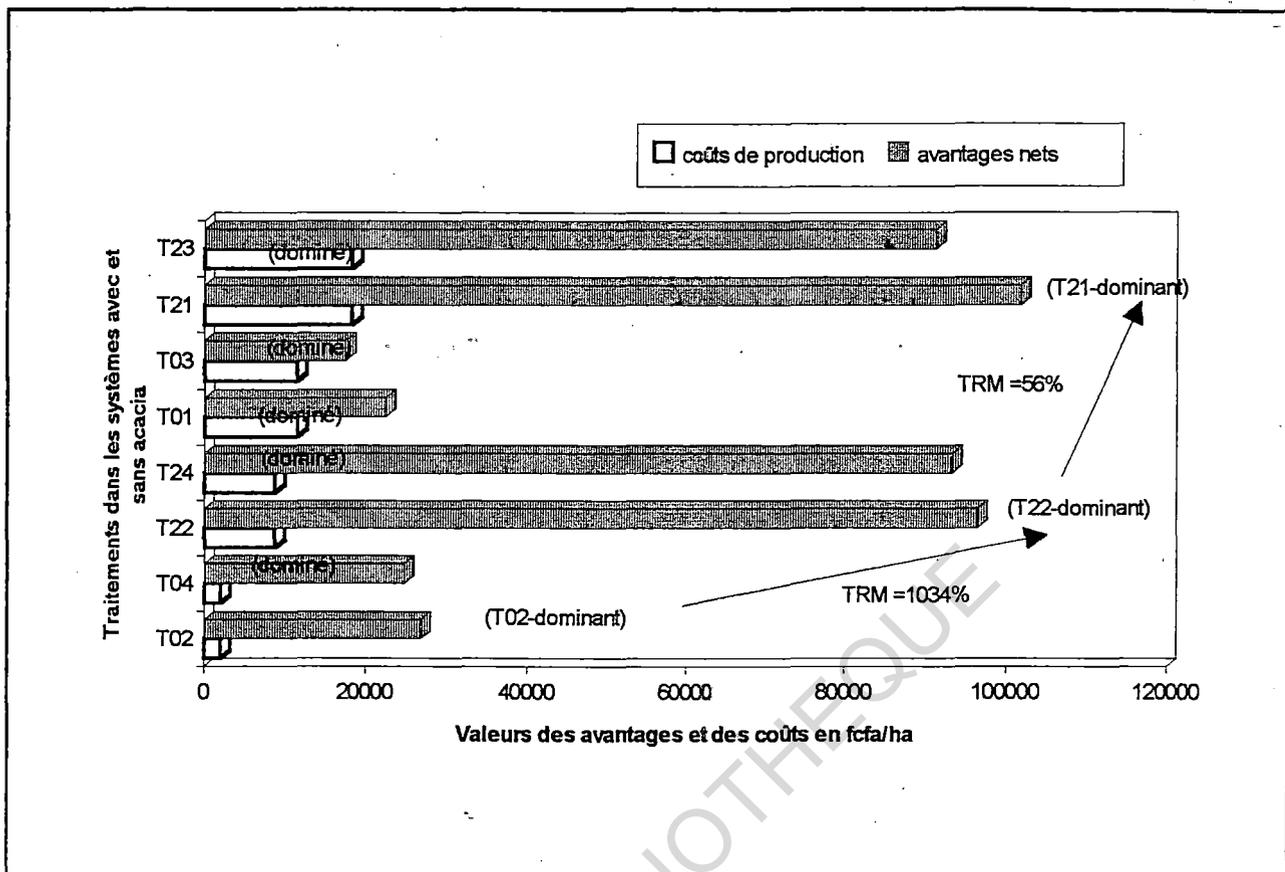


FIGURE 8 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec et (T2i) et sans (T0i) jachère acacia sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvo. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 1 " signifie utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14/23/14).
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 3 " veut dire utiliser la variété locale de maïs et appliquer une dose de 100 kg/ha d'engrais NPK_(14/23/14).
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 8 dérivée du tableau 2 de l'annexe 2.

Nos propres estimations, 1994.

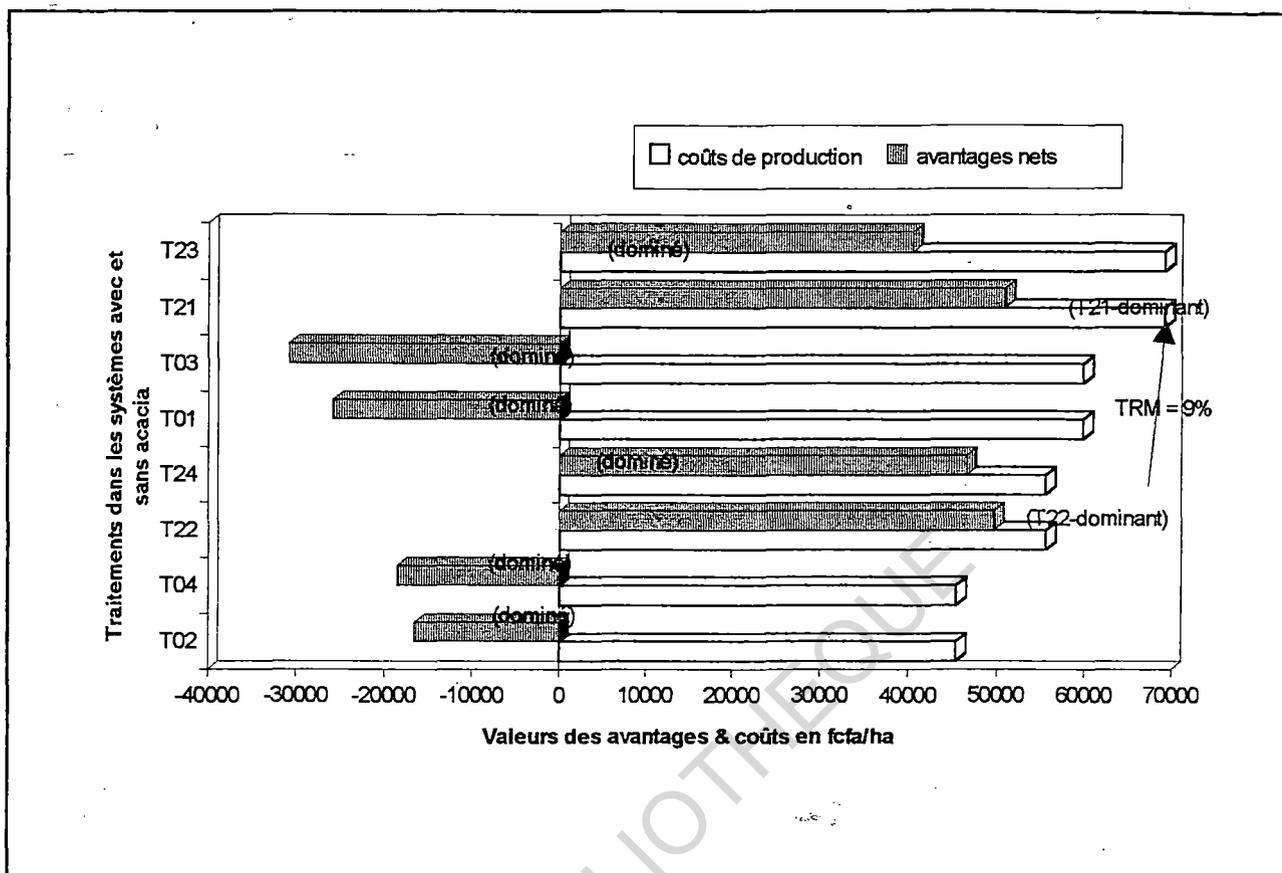


FIGURE 9 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T2i) et sans (T0i) jachère acacia sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvo. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 1 " signifie utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14/23/14) .
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 3 " veut dire utiliser la variété locale de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14/23/14) .
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 9 dérivée du tableau 2 de l'annexe 2.

Nos propres estimations, 1994.

4.7.2.3 L'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans acacia.

Le tableau 4.26 montre l'évolution des coûts, des marges et des taux de rentabilité marginale des traitements dominants, compte tenu des différents niveaux du coût d'opportunité de la main-d'oeuvre familiale. Les tendances sont les mêmes qu'avec l'option du mucuna. Pour les activités extra-agricoles qui valorisent peu la main-d'oeuvre familiale, trois traitements sont dominants avec un gain exceptionnel pour le choix du plus dominant parmi les traitements dominants. Mais, déjà à partir du taux de salaire agricole, on ne trouve qu'un seul traitement dominant, notamment celui qui consiste à utiliser la variété améliorée de maïs et l'engrais dans le système acacia.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Tableau 4.26 : Présentation des résultats de l'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec(T2i) et sans(T0i) acacia, sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvou, sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production.

coûts d'opportunité du travail agricole (fcfa/homme-heure)	traitements dominants	coûts totaux (fcfa / ha)	avantages nets (fcfa / ha)	TRM: taux de rentabilité marginale
40	T02	21939	6852	
	T22	30258	74977	30
	T21	41648	78381	819
50	T02	26648	1867	
	T22	35638	69597	25
	T21	47500	72528	777
87	T02	45369	-16577	
	T22②	55544	49691	
	T21①	69155	50874	9
117	T02	60324	-31532	
	T22*	71684	33551	
	T21	86712	33316	
134	T02	68798	-40006	
	T22*	80830	24405	
	T21	96661	23367	

source : nos propres estimations, 1994. * = seul traitement dominant.

Le gras et le signe "②" servent juste d'exemple sur la compréhension, à avoir, du TRM. 9 % est le TRM, lorsqu'on décide d'abandonner T22 pour T21.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique

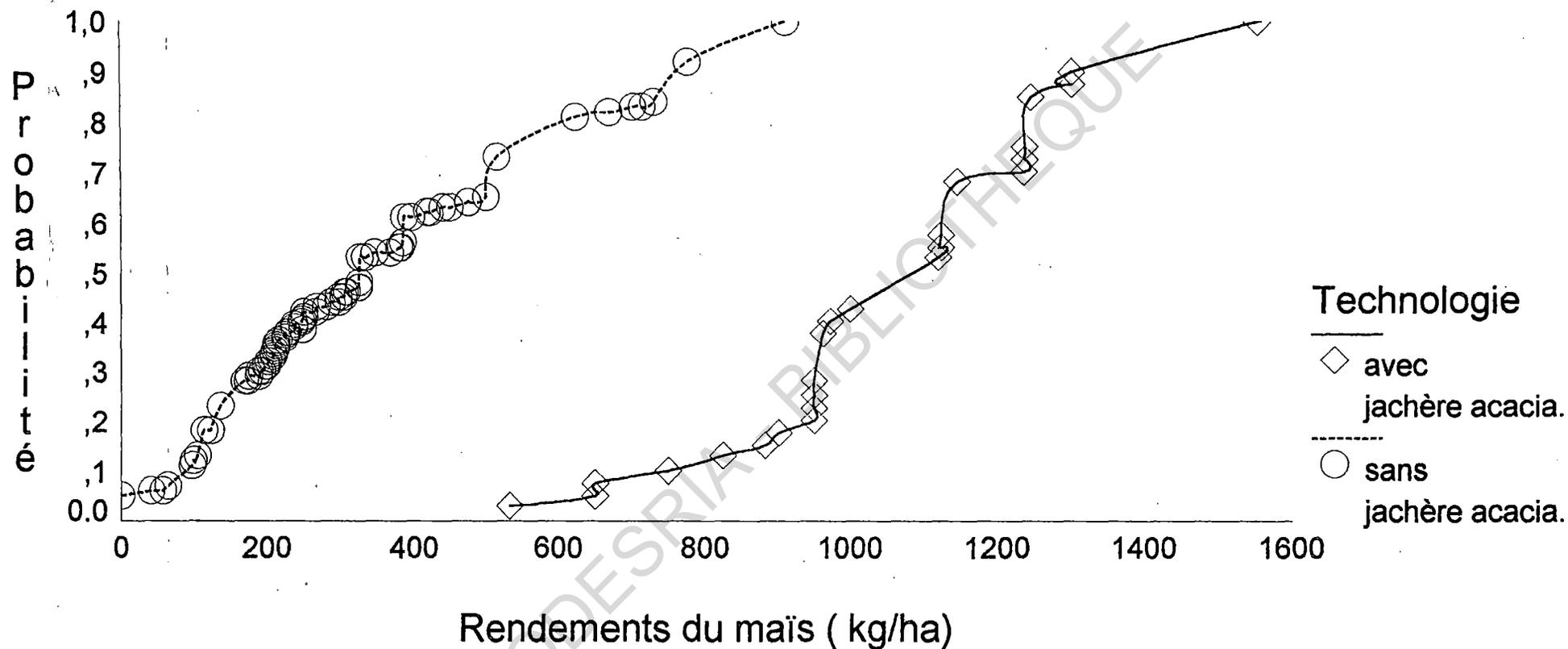
4.7.2.4 L'analyse des caractéristiques de risque de production, du système acacia par rapport au système traditionnel, sur le plateau Adja.

La figure 10 sur la dominance stochastique montre que la courbe cumulative du système traditionnel est entièrement situé à gauche de celle du système acacia. C'est à dire que le système traditionnel est dominé avec le premier degré de dominance stochastique par le système acacia. Le test de Kolmogorov-Smirnov sur les deux répartitions cumulatives est significatif, au seuil de 1 %, d'après le tableau 4.27.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Figure 10 : Courbes cumulatives des risques Dominance stochastique avec & sans acacia

Sols ferralitiques médiocres, Zouzouvou (1992 et 1993)



Source : nos propres estimations, 1994.

En conséquence, le système *acacia* est donc une technologie qui pourrait être acceptable même par les paysans qui ont de l'aversion contre le risque.

Tableau 4.27 : Présentation des résultats du test de Kolmogorov-Smirnov appliqué aux répartitions cumulatives du système *acacia* et son témoin sur le plateau Adja.

nombre d'observations dans le système <i>mucuna</i>	nombre d'observations dans le système traditionnel	nombre d'années d'observation	La D observée	La D critique de K-S au seuil de	
				1 %	5 %
25	74	2	0,83	0,3765	

source : nos propres estimations, 1994. K-S = Kolmogorov-Smirnov
D = distance verticale maximale entre les 2 répartitions

En somme, les analyses montrent que le système *acacia* représente moins de risque. Il est donc préférable au système traditionnel, abstraction faite d'autres contraintes socio-économiques telles que la tenure foncière.

4.8 Analyse des revenus et des caractéristiques de risque dans les systèmes de culture en couloir, à haies de *leucaena* & *gliricidia*, et le système traditionnel sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou.

4.8.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système de culture en couloir à haies de *leucaena* et de *gliricidia*.

Les résultats nets de la production du maïs dans les blocs randomisés d'essai de culture en couloir en milieu réel différents de ceux des deux types de blocs précédemment étudiés. Le tableau 3 de l'annexe 1, montre que, lorsqu'on calcule le coût de la main-d'oeuvre familiale, seul le traitement qui consiste à utiliser la variété améliorée de maïs et à appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais dans le système *acacia* procure des avantages nets positifs et ce quel que soit le mode de tenure de la terre. Presque tous les autres traitements ont des résultats nets négatifs.

Au sujet du niveau de la valorisation de la main-d'oeuvre dans cet essai, l'effet couloir est manifeste. Le tableau 4.28 montre que, dans les systèmes à couloir, les individus qui ont des parcelles de terre en propriété⁴³ ou ceux qui utilisent la variété NH2 de maïs et l'engrais⁴⁴, valorisent mieux leur force de travail. Lorsqu'on n'applique pas d'engrais dans le système à couloir, le taux de valorisation de la main-d'oeuvre est inférieur au taux du salaire pratiqué sur le marché du travail agricole, mais plus élevé que la valorisation du travail dans le système traditionnel.

Tableau 4.28 : Valorisation (fcfa / homme-heure) de la main d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferrallitiques moyens, entre les systèmes avec et sans couloir de leucaena et gliricidia.

tenure des terres	avec système en couloir (T3i)				sans système en couloir (T0i)			
	T31	T32	T33	T34	T01	T02	T03	T04
propriété	149	79	97	73	66	64	59	64
métayage	89	48	55	44	37	42	32	42
fermage	131	60	80	54	46	44	40	44

source : nos propres estimations, 1994. Calculs dérivés du tableau 3 de l'annexe 1. Nombre d'observations : 17 répétitions de 8 parcelles correspondant à 8 traitements.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i = 3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

⁴³73 à 149 f.cfa/homme-heure

⁴⁴89 f.cfa à 149f.cfa/hheure

4.8.2 L'analyse marginale et l'analyse du risque entre le système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia et le système traditionnel.

4.8.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginale engendrés par le système avec culture en couloir par rapport au système sans culture en couloir pris à témoin.

L'analyse statistique a montré, comme pour le système acacia, l'exigence du système à couloir en temps de travaux. Le tableau 4.29 montre que seuls les traitements à base d'engrais donnent en comparaison avec le système traditionnel correspondant, un taux de rentabilité marginale avoisinant 100 % ou plus quelle que soit l'hypothèse faite sur le coût de la main-d'oeuvre. Dans les autres cas, le TRM n'est pas suffisamment élevé pour convaincre le paysan d'abandonner les pratiques traditionnelles au profit des itinéraires techniques améliorés qui lui sont proposés. En effet l'adoption de la culture en couloir implique, pour le paysan, un savoir-faire nouveau qui exige que son coût d'opportunité soit de 100 % ou plus, c'est-à-dire un ratio avantages-coûts d'au moins deux (CIMMYT, 1986 : page 35).

CODESRIA - PROTECTED

Tableau 4.29 : Présentation des résultats (fcfa / ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés au système avec et sans culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou.

pratiques avec (T3i) et sans (T0i) culture en couloir		(T31,T01)	(T32,T02)	(T33,T03)	(T34,T04)
revenu brut additionnel (add.)		71834	29914	44527	26542
nombre d'hommes-jour add.		8	8	8	8
Hypothèse 1	coût add.	18549	18549	18549	18549
	marge nette add.	53285	11365	25978	7993
	TRM (%)	287	61	140	43
Hypothèse 2	coûts add.	22630	22700	22630	22700
	marge nette add.	49209	7215	21897	3842
	TRM (%)	217	32	97	17

source : nos propres estimations, 1994. Calculs dérivés du tableau 3 de l'annexe 1.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i = 3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

Hypothèse 1 & 2 = respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

4.8.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans culture en couloir.

Sous l'hypothèse que la main-d'oeuvre est rémunérée par le profit, la figure 11 montre 4 traitements dominants. Le classement des 4 traitements, selon une échelle croissante de dominance, est :

1. L'utilisation de la variété hybride NH2 de maïs sans application d'engrais dans le système traditionnel servant de témoin (T02).

2. L'utilisation de la variété hybride NH2 de maïs et l'application d'une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK dans le système traditionnel servant de témoin (T01).
3. L'utilisation de la variété hybride NH2 de maïs sans application d'engrais dans le système de couloir à haies de leucaena et de gliricidia (T32).
4. La pratique de la variété hybride NH2 de maïs, et l'application d'une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK dans le système de culture en couloir (T31).

Le taux de rentabilité marginale entre les deux premiers traitements dominants est de 27 % et montre que la combinaison des effets variété et engrais permet un gain net de 2.700 fcfa / ha pour un surcroît de coût d'un montant de 10.000 fcfa / ha dans le système traditionnel. Le gain net devient plus important lorsque le paysan choisi de pratiquer le système de culture en couloir. Ainsi lorsque le paysan, pratiquant déjà le traitement (T04), se décide pour la technologie des couloirs et l'utilisation de la variété améliorée du maïs (T32), il gagne en avantage net 970 fcfa / ha pour 1000 fcfa / ha d'investissement supplémentaire ; si en plus de cela, il applique une dose de 100 kg/ha d'engrais NPK (T31), l'effet conjugué des matières organique et minérale permet de dégager une marge nette additionnelle de 46.900 fcfa/ha pour un coût de production supplémentaire 10.000 fcfa / ha. Sur cette base, on retient le traitement dominant (T31).

Dans l'hypothèse où les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale sont intégrés dans l'analyse, la figure-8 montre un seul traitement dominant (T31); parmi les 7 autres traitements dominés, 6 présentent des marges nettes négatives. La pratique agricole traditionnelle sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne n'est pas financièrement rentable, et si des mesures de conservation des sols ne sont pas prises rapidement, la fertilité baissera davantage et exacerbera la dégradation du sol.

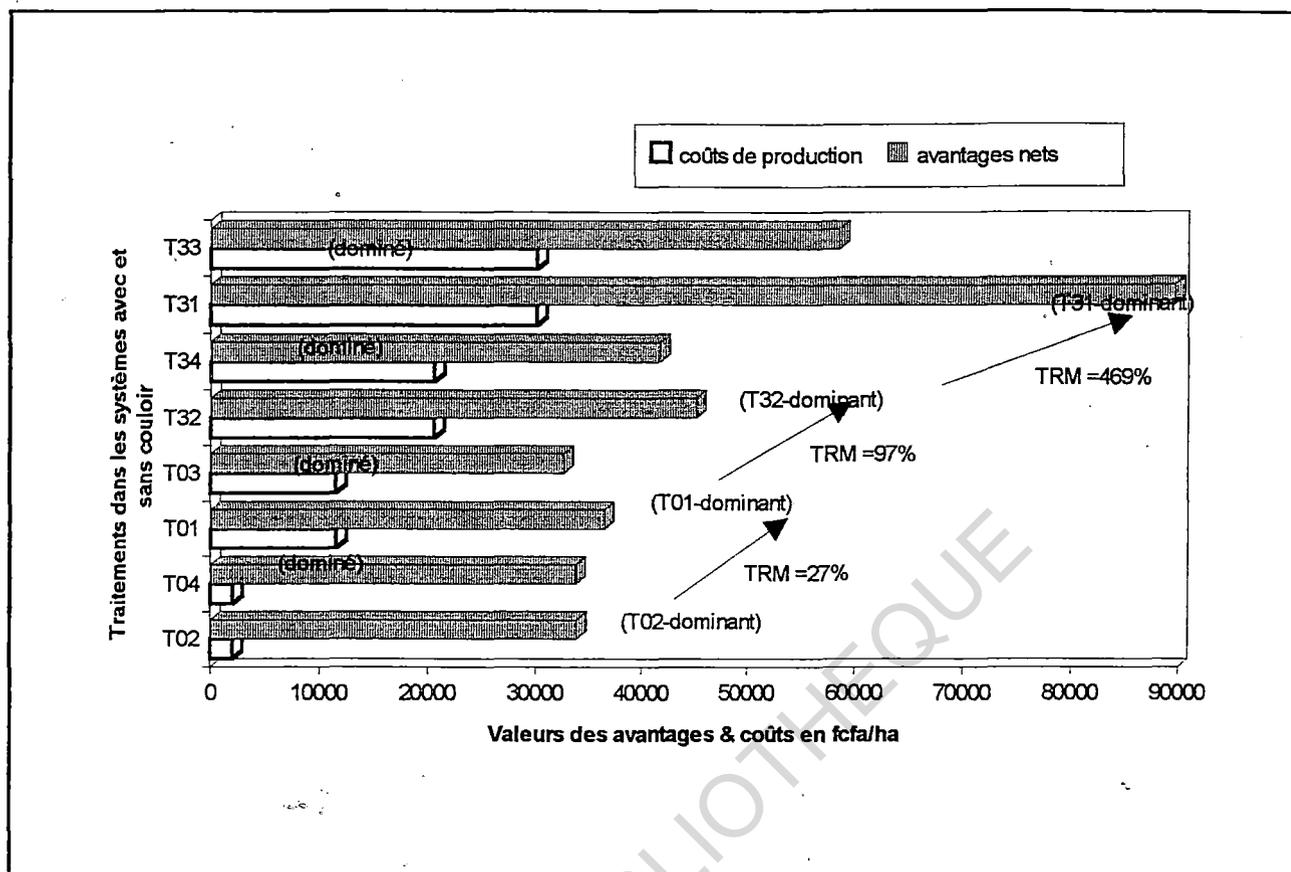


FIGURE 11 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T3i) et sans (T0i) couloirs à haies de leuceana et de gliricidia sur les sols ferrallitiques de Zouzouvo. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 1 " signifie utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14/23/14).
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 3 " veut dire utiliser la variété locale de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14/23/14).
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 11 dérivée du tableau 3 de l'annexe 2. Nos propres estimations, 1994.

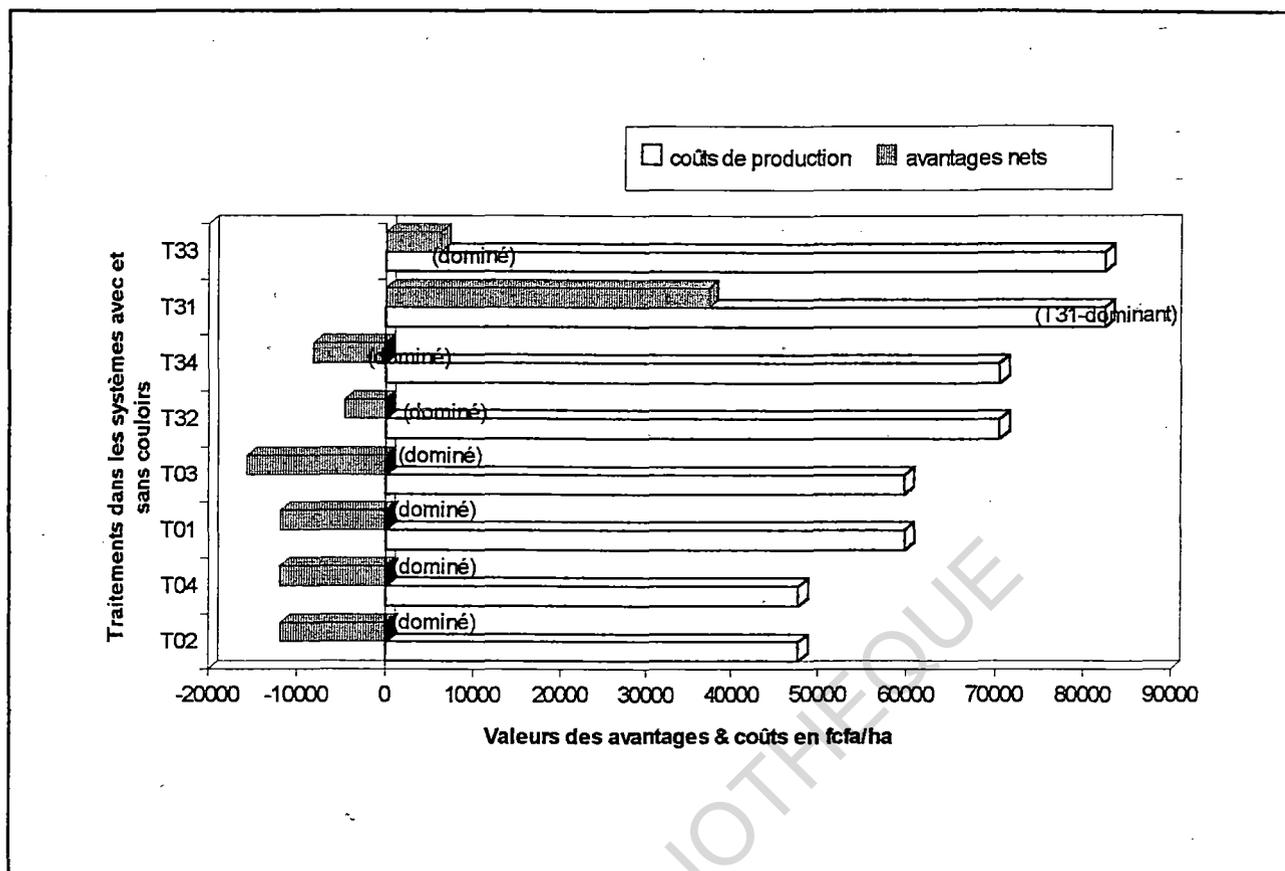


FIGURE 12 : Analyse des avantages dominants dans les systèmes avec (T3i) et sans (T0i) couloirs à haies de leuceana et de gliricidia sur les sols ferrallitiques moyens de Zouzouvou. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre sont calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 1 " signifie utiliser la variété hybride NH2 (Niaouli Hybride 2) de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais $NPK_{(14/23/14)}$.
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 3 " veut dire utiliser la variété locale de maïs et appliquer une dose de 100 kg / ha d'engrais $NPK_{(14/23/14)}$.
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 12 dérivée du tableau 3 de l'annexe 2.

Nos propres estimations, 1994.

4.8.2.3 L'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans culture en couloir.

Le tableau 4.30 montre, comme dans les cas précédents, que les avantages sont d'autant plus minimes que les coûts d'opportunités sont élevés. Par conséquent, le nombre de traitements dominants baisse avec l'accroissement du coût d'opportunité du travail agricole familial. Pour les activités des femmes, souvent peu rémunératrices de la force de travail (coût d'opportunité généralement inférieur à 87 %), la rentabilité est élevée. Lorsque les coûts d'opportunité sont supérieurs ou égal à 87 % , seul le traitement prédominant dans le cas antérieur (coût d'opportunité inférieur à 87 %) est sélectionné . C'est donc ce traitement (T31) qui est le plus rentable .

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Tableau 4.30 : Présentation des résultats de l'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans culture en couloir sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production.

coûts d'opportunité du travail agricole (fcfa/homme-heure)	traitements dominants	coûts totaux (fcfa / ha)	avantages nets (fcfa./ha)	TRM : taux de rentabilité marginale
40	T02	23027	12794	
	T01	33690	14233	13
	T32	43485	22251	82
	T31	54115	65641	418
50	T02②	28284	7537	
	T01①	39237	8685	10
	T32	49219	16517	78
	T31	60132	59625	395
87	T31	82394	37363	
117	T31	100444	19313	
134	T31	110672	9084	

source : nos propres estimations, 1994. Le gras et le signe " i " servent juste d'exemple sur la compréhension, à avoir, du TRM. 10 % est le TRM, lorsqu'on décide d'abandonner T02 pour T01.

i = 1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

4.8.2.4 L'analyse des caractéristiques de risque de production du système de culture en couloir par rapport au système traditionnel.

Contrairement aux cas antérieurs, la figure 13 montre que la courbe cumulative du système à couloir est entièrement située à gauche de celle du système traditionnel, sur sol ferrallitique à fertilité intermédiaire. C'est-à-dire que le système à couloir est dominé avec le premier degré de dominance stochastique par le système traditionnel. Le test de Kolmogorov-Smirnov présenté dans le tableau 4.31 est significatif au seuil de 5 % nous confirmant que les fonctions de répartitions des deux technologies ne sont

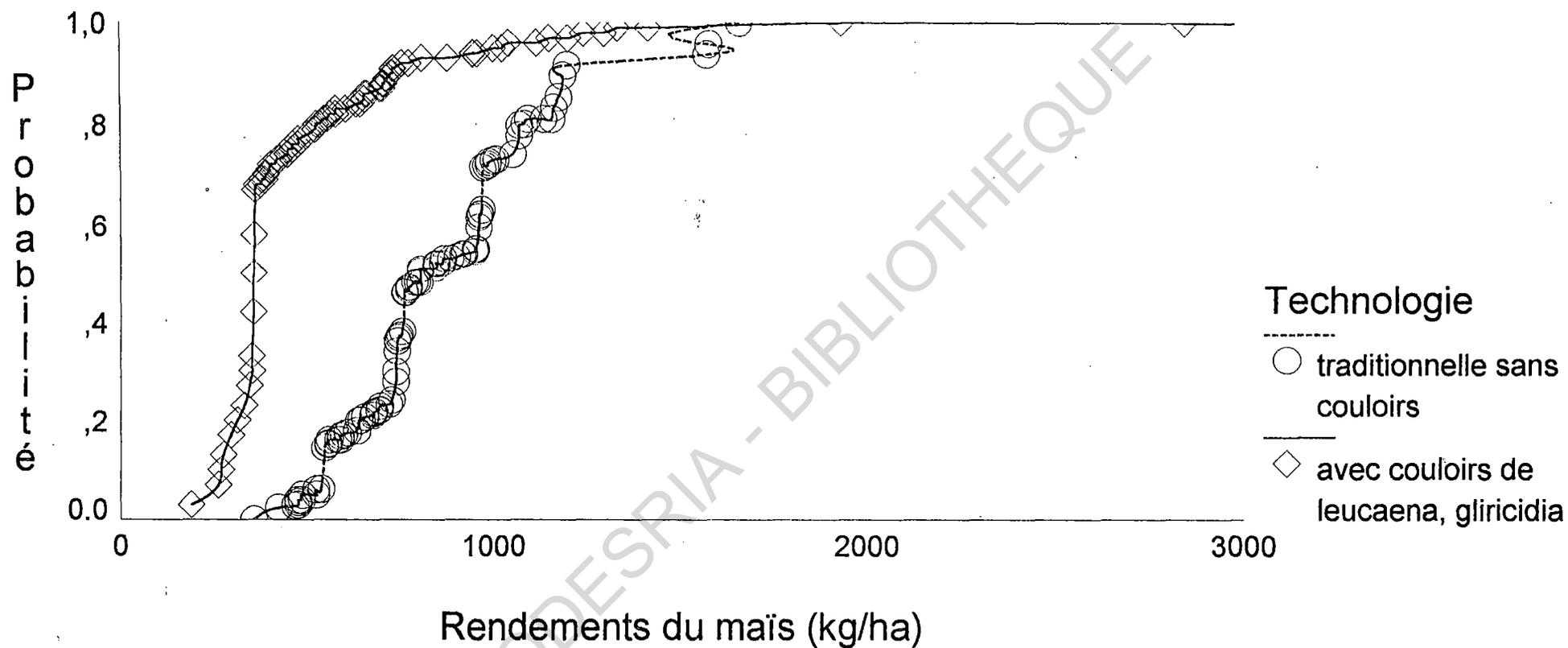
pas deux sous-ensembles d'une même population. C'est-à-dire que le résultat de notre analyse n'est pas un fait du hasard. Par conséquent, le système à couloir de leucaana et gliricidia, dans sa condition actuelle de gestion par le paysan Adja, représente une technologie risquée dont la pratique ne sera même pas acceptée par le paysan, indifférent au risque, sans parler de la majorité des paysans qui ont de l'aversion contre le risque.

Tableau 4.31 : Présentation des résultats du test de Kolmogorov-Smirnov appliqué aux répartitions cumulatives du système de culture en couloir et son témoin sur le plateau Adja.

nombre d'observations dans le système couloirs	nombre d'observations dans le système traditionnel	nombre d'années d'observation	la D observé de K-S	La D critique de K-S au seuil de	
				1 %	5 %
86	89	4	0,2258	0,2461	0,2053

source : nos propres estimations, 1994. K-S = Kolmogorov-Smirnov
D = distance verticale maximale entre les 2 répartitions.

Figure 13 : Courbes cumulatives des risques
Dominance stochastique avec & sans couloirs
Sols ferralitiques moyens, Zouzouvou (1990-1993)



Source : nos propres estimations, 1994.

En somme, le système à couloir de leucaena et gliricidia avec son exigence, en main-d'oeuvre, en savoir-faire managérial, en bonne pluviosité, et en qualité des sols, apparaît plus risqué que la technologie traditionnelle sur sol ferrallitique à fertilité moyenne.

4.9 Analyse des revenus dans le système mucuna et le système traditionnel sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata.

4.9.1 Les budgets de culture du maïs avec et sans système mucuna

Le tableau 4 de l'annexe 1 montre, sous les conditions du coût calculé de la main-d'oeuvre familiale, des marges nettes positives dans le traitement consistant à pratiquer la variété locale dans le système mucuna, pour chacun des modes de tenure foncière. Dans le système traditionnel, les marges nettes sont largement négatives ; la raison première est l'envahissement des sols par l'impérata, et la caractéristique de ce dernier à concurrencer les cultures annuelles, aussi bien sur le plan racinaire que sur le plan aérien. Ainsi, les agronomes ont cru pendant longtemps que l'impérata était un adventice indicateur de la baisse de fertilité du sol. Le système mucuna, sur les sols infestés, valorise quatre à cinq fois plus la main-d'oeuvre familiale que le système traditionnel. Le tableau 4.32 montre que la valorisation de la main-d'oeuvre dans le système mucuna est meilleure au taux de salaire pratiqué pour la main-d'oeuvre salariée dans le milieu.

Tableau 4.32 : Comparaison de la valorisation (fcfa / homme-jour) de la main- d'oeuvre familiale, selon la tenure foncière sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata, entre les systèmes avec et sans mucuna. (village d'Eglime).

tenure des terres	avec système mucuna (T4i)		sans système mucuna (T0i)	
	T42	T44	T02	T04
la propriété	104	128	20	26
le métayage	81	97	12	16
le fermage	84	103	-1	5

Source : nos propres estimations, 1994. Calculs dérivés du tableau 4 de l'annexe 1. Nombre d'observations : 18 répétitions de 4 parcelles correspondant à 4 traitements. i = 2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique. i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

4.9.2 L'analyse marginale entre le système mucuna et le système traditionnel sur les sols ferrugineux infestés par l'imperata.

4.9.2.1 Coûts additionnels, revenus additionnels et taux de rentabilité marginal engendrés par le système avec mucuna par rapport au système sans acacia sur les sols ferrugineux infestés par l'imperata.

Comme sur les sols ferrallitiques médiocres, le système mucuna sur les sols ferrugineux infestés par l'impérata n'est pas contraignant en main-d'oeuvre par rapport au système traditionnel. Le tableau 4.33 montre que le coût additionnel requis est assez bas et engendre un avantage net variant de 43.859 à 53.137 fcfa. Le taux de rentabilité marginale, entre les deux systèmes, qui varie de 776 à 962%, montre que ce système est plus rémunérateur que les principales activités de transformation artisanale avec en plus des avantages agro-écologiques non-comptabilisés dans l'analyse.

Tableau 4.33 : Présentation des résultats (fcfa / ha) des coûts et revenus additionnels, et des taux de rentabilité marginale (TRM) associés aux systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrugineux infestés par l'imperata du village d'Eglimé.

Pratiques avec (T4i) et sans (T0i) jachère mucuna.		(T42,T02)	(T44,T04)
	revenu additionnel (add.)	49510	58662
	nombre d'hommes-jour additionnels	0	0
Hypothèse 1	coût add.	5525	5525
	revenu net add.	43985	53137
	TRM	796	962
Hypothèse 2	coût add.	5651	5651
	revenu net add.	43859	53011
	TRM	776	938

source : nos propres estimations, 1994. Calcul dérivé du tableau 4 de l'annexe 1.

i =2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i =4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

hypothèse1 = coûts de la main-d'oeuvre familiale non inclus.

hypothèse2 = coûts de la main-d'oeuvre familiale inclus.

4.9.2.2 L'analyse des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrugineux infestés par l'imperata.

La figure 14 montre que, sous l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale par le profit, deux traitements sont dominants. Parmi les deux, le (T44) est prédominant. Il consiste à utiliser la variété locale de maïs dans le système mucuna, tandis que l'autre traitement dominant (T04) repose sur la variété locale de maïs dans le système traditionnel témoin au système mucuna. Le taux de rentabilité marginale entre les deux traitements est égal à 962 %. C'est-à-dire que, lorsqu'on choisit d'abandonner la pratique traditionnelle (T04) en faveur du système mucuna, sans utiliser de variété améliorée de maïs et sans apport d'engrais (T44), on réalise un revenu net additionnel de 96.200 fcfa / ha pour 10.000 fcfa / ha d'investissement

supplémentaire dans ce système. Cet avantage important résulte de l'effet conjugué du mucuna qui contrôle l'imperata et l'apport en matière organique immédiatement décomposable. Finalement, l'importance du taux de rentabilité marginale lié au choix du traitement (T44), par comparaison aux taux de rémunération du capital en milieu rural Adja (40 à 134%), et, le rôle que joue la jachère mucuna dans la conservation des ressources foncières font du système mucuna sur les sols agricoles ferrugineux envahis par l'imperata, le système à privilégier dans le village d'Eglimé.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

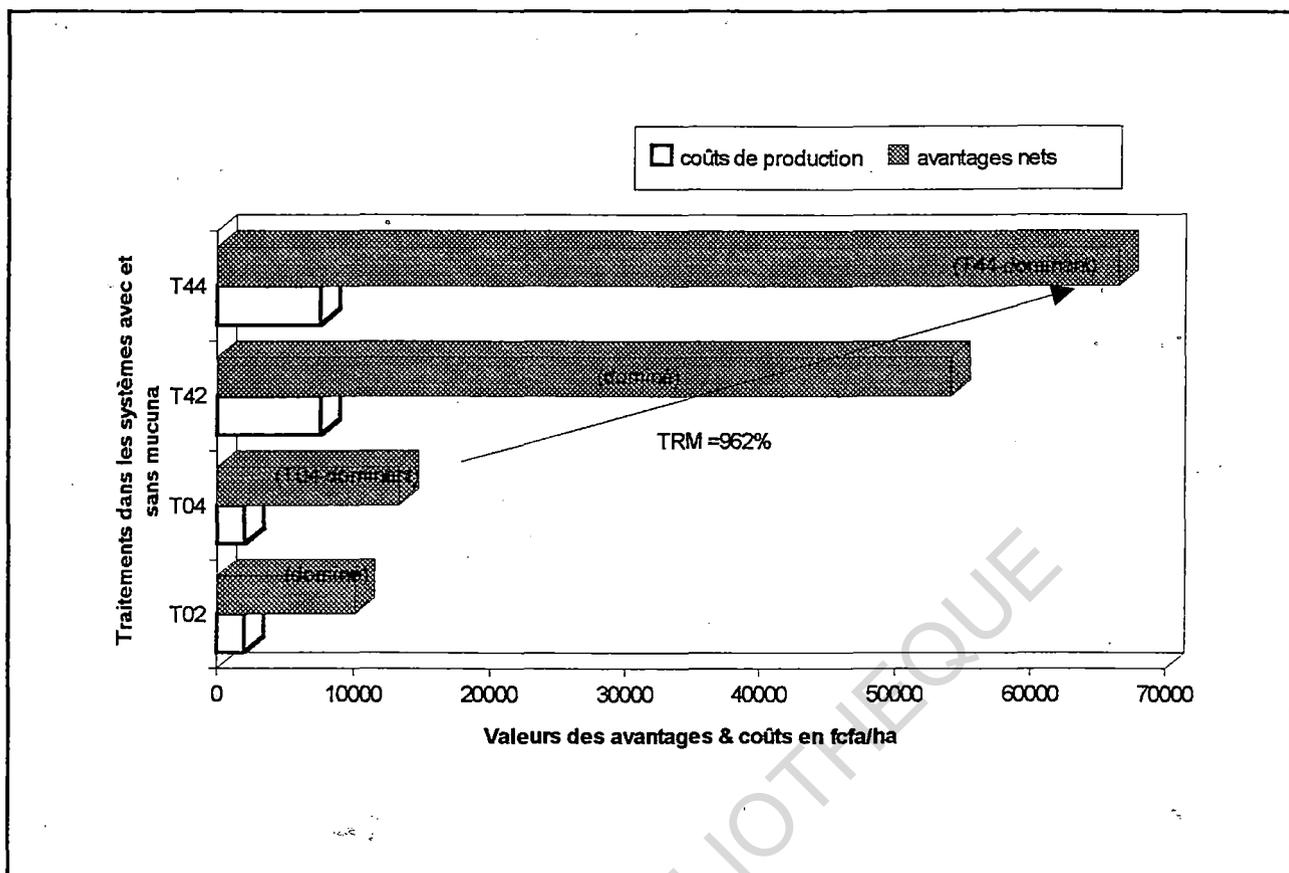


FIGURE 14 : Analyse des avantages dominants dans le système avec (T4i) mucuna et sans (T0i) mucuna sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata dans le village d'Eglimé. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale ne sont pas calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure dérivée du tableau 4 de l'annexe 2.

Nos propres estimations, 1994.

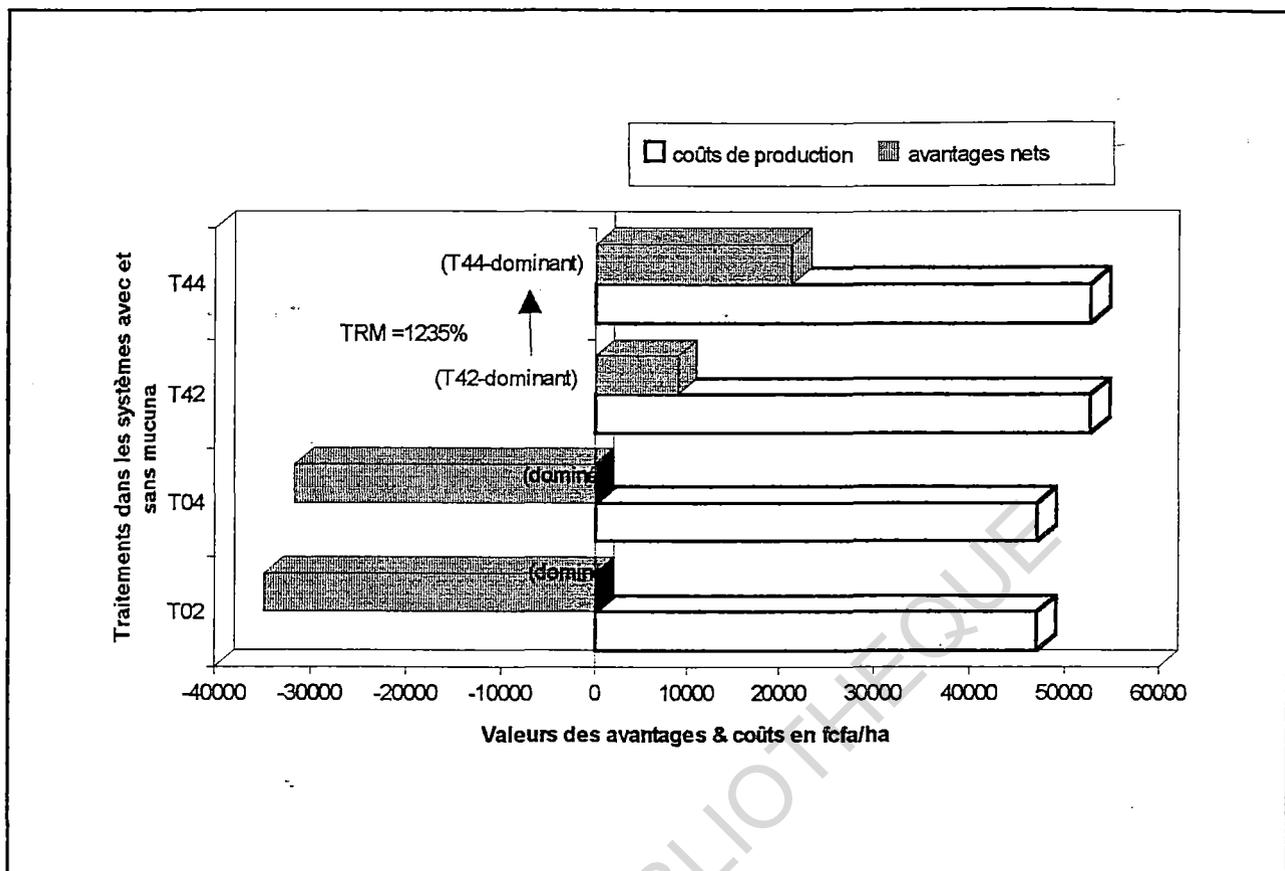


FIGURE 15 : Analyse des avantages dominants dans le système avec (T4i) mucuna et sans mucuna (T0i) sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata dans le village d'Eglimé. Hypothèse où les coûts de la main-d'oeuvre familiale sont calculés.

Notes :

- ▶ " TRM " veut dire taux de rentabilité marginale.
- ▶ " i = 2 " équivaut à utiliser la variété hybride NH2 de maïs sans appliquer d'engrais.
- ▶ " i = 4 " équivaut à utiliser la variété locale sans appliquer d'engrais.

Figure 15 dérivée du tableau 4 de l'annexe 2.

Nos propres estimations, 1994.

4.9.2.3 Analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans les systèmes avec et sans mucuna sur les sols ferrugineux envahis par l'imperata.

Par rapport aux opportunités de capitaux en milieu rural, le tableau 4.34 montre que la pratique de la variété locale de maïs dans le système mucuna demeure le seul traitement dominant. Il permet des avantages plus intéressants lorsque les coûts d'opportunités sont faibles.

Tableau 4.34 : Présentation des résultats (fcfa / ha) de l'analyse de sensibilité des avantages financiers dominants dans le système mucuna et son témoin sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata dans l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production. (Village d'Eglime)

coûts d'opportunité du travail agricole (fcfa / homme-heure)	traitements dominants	coûts totaux (fcfa / ha)	avantages nets (fcfa /ha)	TRM : taux de rentabilité marginale
40	T44	28268	45714	x
50	T44	33455	40528	x
87	T44	52643	21339	x
117	T44	68202	5781	x

Source: nos propres estimations, 1993. x = impossible à calculer. i = 4 correspond à la pratique de maïs local sans application d' engrais chimique.

4.10 Conclusion Partielle

Il ressort de l'analyse financière à court et à moyen terme, que les technologies biologiques de conservation du sol, expérimentées dans le département du Mono, sont rentables et avantageuses par comparaison aux technologies traditionnelles prises à témoin.

Au plan des caractéristiques de risque liées aux technologies (figure 16), les systèmes mucuna et acacia comportent moins de risques que la technologie

traditionnelle sur les sols ferrallitiques très appauvris. Le système de culture en couloir, tel qu'il est pratiqué actuellement par le paysan, comporte plus de risques que la technologie traditionnelle sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne⁴⁵.

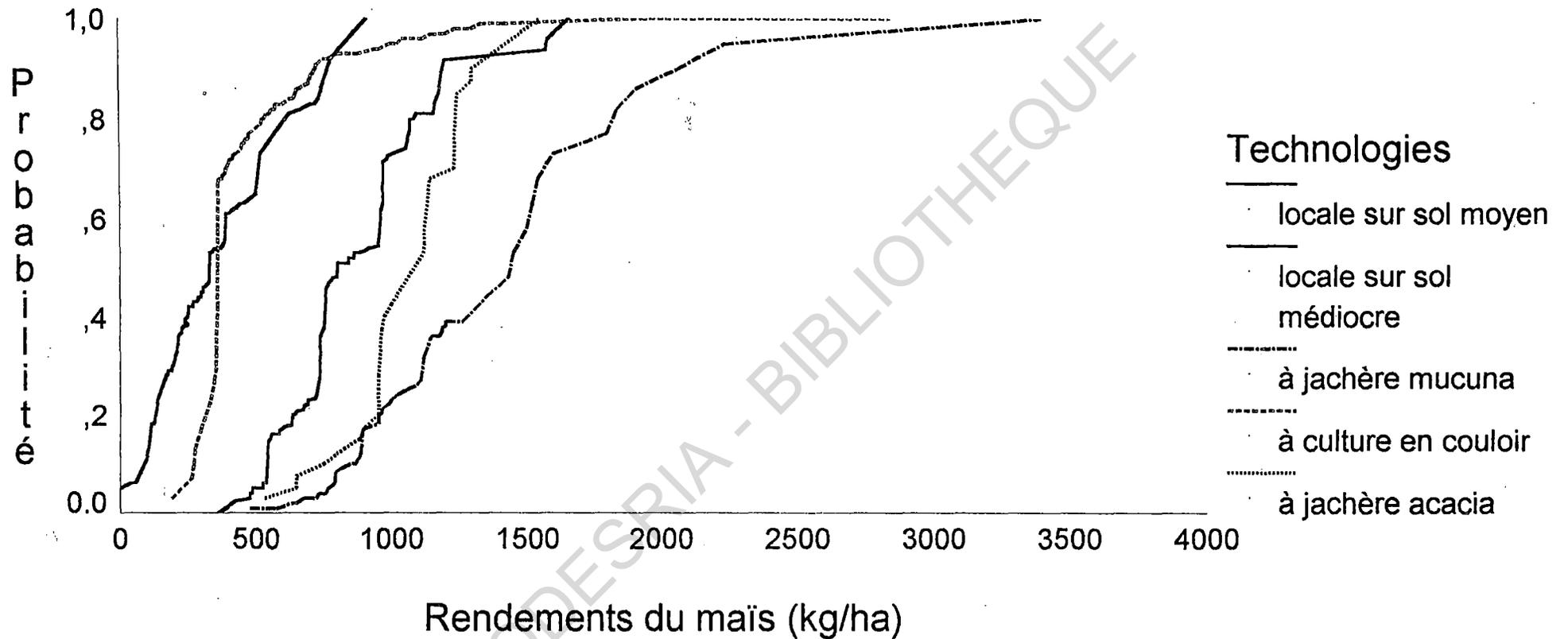
Une meilleure familiarité des paysans avec les méthodes de gestion des haies et des couloirs pourra réduire le niveau des risques liés à cette technologie.

Parmi les nouvelles technologies biologiques de conservation du sol, le système mucuna apparaît plus avantageux sur le plan financier ; il est suivi par le système acacia et enfin par le système de culture en couloir. Dans les systèmes mucuna, acacia et culture en couloir sur les sols ferrallitiques, l'utilisation de la variété améliorée de maïs et l'application de l'engrais donnent les meilleurs résultats. Dans le système mucuna, sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata, c'est plutôt la pratique de la variété locale qui s'est avérée rentable; notons qu'ici, l'application d'engrais n'a pas été testée sur le système mucuna; l'objectif visé par l'expérimentation était d'étudier la mesure dans laquelle le mucuna parvient à contrôler le développement de l'imperata. La technologie traditionnelle sur les sols ferrallitiques est la plus rentable et la moins sujette aux risques lorsque le niveau de fertilité du sol est moyen.

⁴⁵Le système de culture en couloir est tout un art. Pendant le cycle cultural, pour optimiser ses effets, il est important d'observer une certaine gestion : ébrancher convenablement les haies et pailler correctement les couloirs à l'aide des émondes ; répéter cette opération au moins deux fois (un peu avant le semis, un peu avant la floraison et la fructification) pendant le cycle végétatif de la culture en couloir.

Figure 16 : Courbes cumulatives des risques Dominance stochastique entre toutes les technologies

Zouzouvou (1990-1993)



Source : nos propres estimations, 1994. (sols ferrallitiques)

Sur les terres ferrallitiques, le système en couloir sur les sols à niveau de fertilité moyen est moins risqué que la technologie locale sur les sols, à niveau de fertilité très bas. Cependant, le niveau de dominance du système en couloir par rapport au système traditionnel est du deuxième degré ; c'est-à-dire qu'on s'attend plus qu'à ce que ce soient les exploitants indifférents au risque qui choisissent le système en couloir, de préférence au système traditionnel.

La pratique de ces nouveaux systèmes de conservation du sol engendre des avantages économiques d'accumulation de la fertilité dans le sol. Le niveau de fertilité, provoqué par les technologies biologiques modernes, ne profitera réellement à l'exploitant que si celui-ci détient un droit d'exploitation d'une durée assez longue sur la parcelle, et s'il est assuré que le sol à conserver continuera à lui appartenir au moins jusqu'à l'année de maturité du système et de préférence plusieurs années après. De ce fait, la pratique des systèmes agro-forestiers à acacia et à couloir de leucaena et de gliricidia est faisable à condition de détenir un droit de propriété sur le sol, particulièrement un droit d'usus et d'alienus. Quant au système mucuna, même les paysans qui n'ont pas un droit de propriété sur la terre peuvent choisir cette option ; d'abord, ce système n'est pas agro-forestier et sa maturité ne dure qu'un an sans trop d'exigences financières. Toutefois, il serait quand-même nécessaire que la durée d'exploitation de la terre sous le faire-valoir indirect atteigne un minimum de quatre à cinq ans ; autrement, l'exploitant va enregistrer beaucoup de pertes économiques, pertes dues essentiellement à la parcelle qui pourrait lui être soutirée par le propriétaire après une amélioration éventuelle de la fertilité. Les modes de faire-valoir singuliers et notamment le fermage tel qu'il fonctionne dans la région, semblent assez compatibles avec la pratique du système mucuna étant donné leur relative souplesse. En effet, ces formes de tenure, bien qu'elles ne donnent pas à l'exploitant, un droit d'aliénation sur la parcelle de terre qui lui a été cédée, elles sont moins rigoureuses sur la durée d'exploitation ; ainsi, avec ces formes de tenures, il y a des possibilités d'exploiter des parcelles de terre pendant 10 ans et parfois plus. De plus, d'après les résultats présentés dans le tableau 3.11 du chapitre 3, ces modes de faire-valoir

singuliers sont pratiqués sur 45 à 70 % des parcelles agricoles exploités dans les villages de Zouzouvou et d'Eglimé.

Le système mucuna, sur les sols ferrugineux fortement envahis par l'impérata, est financièrement plus rentable que le système traditionnel. Du reste, l'efficacité avec laquelle l'impérata est contrôlé par le mucuna est évidente et suscite déjà dans le milieu une auto-vulgarisation.

Au total, cette analyse de rentabilité au niveau de la parcelle a permis de d'identifier les technologies de conservation concurrentiels à court et à moyen terme ainsi que les caractéristiques de risque qui leur sont associées, et de les comparer au système traditionnel pris à témoin. Avec ces résultats, le chercheur pourrait se poser la question suivante : " si, les technologies de conservation du sol sont déjà rentables à court terme, est-ce vraiment utile de faire une étude de rentabilité à long terme ", d'autant plus qu'on observe déjà, dans certains cas, une auto-vulgarisation, et que l'information circule. En fait, il y a deux raisons de faire une analyse à long terme des technologies déjà rentables à court terme :

- i. d'abord, la conservation des ressources naturelles et principalement du sol est un processus de long terme, par conséquent, une analyse de long terme est utile pour prédire les évolutions futures de la dégradation et de la conservation du sol.
- ii. L' autre raison importante est que, malgré la rentabilité à court terme des systèmes mucuna et acacia, et la connaissance de leur domaine de recommandation ; il n'est pas évident, qu'un niveau d'adoption remarquable puisse se réaliser dans le moyen terme. En effet, l'adoption en masse d'une technologie nouvelle est un processus très lent qui prend un minimum de 6 à 8 ans (conversation personnelle avec Avillez Francisco, 1995)⁴⁶ . Dans une région comme le plateau Adja où le niveau actuel de la fertilité du sol varie de moyen à médiocre, réduire la longueur de ce processus d'adoption en mettant sur pied un système de vulgarisation des technologies de conservation du sol semble indispensable. Pour vulgariser les technologies de conservation des sols les plus

⁴⁶ Professeur à l'université technique de Lisbonne

prometteuses, il faut pouvoir convaincre les décideurs publics de la rentabilité à long terme d'un tel investissement, d'où la pertinence d'une analyse avantages-coûts.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

5. ESTIMATION DU NIVEAU DE DEGRADATION DU SOL ET ANALYSE DE RENTABILITE A LONG TERME DES SYSTEMES DE CONSERVATION.

5.1 Le fondement conceptuel et théorique.

Cette section porte sur une discussion théorique du concept de dégradation, sur la quantification du taux de dégradation des sols et sur l'analyse coûts-avantages.

5.1.1 Concept de dégradation

La dégradation des terres a été définie selon une multitude d'approches contradictoires (Sandford, 1983; Warren et Agnew, 1988). Il importe de disposer d'une définition claire.

Dans cette étude nous considérons la dégradation des sols comme la perte, sur une longue durée, d'un bien économique : la production agricole. Abel et Blaikie (1989) ont avancé une définition de la dégradation des sols cohérente à mon avis, à savoir : " la dégradation des terres agricoles est un phénomène de déclin permanent affectant le taux de rendement d'un territoire en produits agricoles selon un certain système de gestion". Cette définition est satisfaisante dans le domaine de l'agriculture (Kops, 1992) et utilise comme base de calcul, la perte de productivité, notamment dans le cas où l'on veut évaluer, par exemple, les dommages dûs à l'érosion du sol.

De façon générale, les indicateurs physiques et potentiels de la dégradation du sol sont les modifications du sol et les rendements agricoles. Par modifications du sol, on entend :

- diminution de la fertilité,
- diminution de la capacité de rétention d'eau,
- décroissance des infiltrations,
- perte pédologique nettement supérieure à la formation des sols.

Par leur nature, ces indicateurs montrent que la dégradation du sol est un phénomène complexe dont les éléments respectifs attribuables à l'homme et au climat sont difficiles à dissocier (Ahlchrona, 1989 ; Warren et Agnew, 1989 ; Grouzis, 1990).

Les relations entre la dégradation des sols et les activités agricoles d'une part, et la productivité agricole d'autre part, ne sont pas faciles à appréhender, d'où la difficulté à quantifier le taux de dégradation du sol. Néanmoins, étant donné la persistance du phénomène de la dégradation des sols et le fait que le sol constitue un capital naturel précieux d'où l'homme tire la majorité de ses moyens de subsistance, une estimation même approximative vaut mieux qu'aucune (Banque mondiale, 1992).

5.1.2 Quantification du taux de dégradation des sols.

En général, il y a deux procédés d'estimation du taux de dégradation des sols :

- d'une part, les fonctions de production,
- et d'autre part, les modèles biophysiques de l'environnement qui exigent probablement plus de données expérimentales.

Les deux approches ont des avantages et des inconvénients.

L'estimation économétrique de la fonction de production est généralement simple et requiert moins de connaissances scientifiques⁴⁷ détaillées de la part de l'analyste. Cependant, les résultats ne sont pas généralisables en dehors de la zone d'étude, ce qui rend cette approche inflexible. Aussi, l'intégration des données agronomiques importants en conservation du sol (l'érodibilité du sol, l'intensité pluviométrique, la couverture végétale, la topographie du sol, etc) dans un modèle économétrique n'est pas chose aisée.

L'approche de modélisation biophysique de l'environnement requiert l'évaluation de paramètres qui peut se faire à partir de plusieurs sources de données et elle est, en ce sens, plus souple. Cependant, elle requiert des connaissances qualitatives et quantitatives très détaillées de l'environnement biophysique, afin de comprendre les

⁴⁷techniques et agronomiques notamment.

principales relations biologiques et physiques et de prédire les rendements et les effets de dégradation sur la base d'un certain nombre de paramètres physiques et des niveaux d'utilisation des facteurs de production. Parmi les modèles de ce type, il y a l'équation universelle des pertes de sols (*Universal Soil Loss Equation, USLE*) de Wischmeier et coll. (1958), le "**Modified USLE**" de Williams (1975)⁴⁸ approprié dans l'estimation des pertes de sol sur une échelle régionale et le "**SLEMSA**" (*Soil Loss Estimation Model for Southern Africa*) développé par Elwell et Stocking (1982).

Le modèle **USLE** a été développé par le service américain de conservation des sols qui a réussi en effet, grâce à de très nombreuses parcelles expérimentales suivies depuis des dizaines d'années, à mettre au point cette équation dont le principe⁴⁹ est applicable presque partout (Wischmeier et coll., op. cit).

Il est cependant important de mentionner qu'avant le milieu des années 1980, les études menées en Afrique sur les facteurs expliquant la dégradation des sols et sur les relations entre ces facteurs n'ont pas appréhendé les effets croisés entre ces facteurs. C'est l'utilisation du modèle USLE qui a enfin permis de comprendre les interactions entre ces facteurs et l'impact de celles-ci sur la dégradation des sols.

Pour cette étude, on utilisera le modèle **USLE** , pour les trois raisons suivantes:

- Il existe en en Afrique de l'Ouest et au Bénin des données disponibles relatives au sol et au climat, collectées sur une période allant de 20 à 30 ans.
- Le modèle **USLE** est approprié pour des études localisées comme celles relatives aux exploitations agricoles paysannes. Il ne prend pas en compte les dépôts de sol comme le fait le modèle "**Modified USLE** " sur une grande échelle géographique.

⁴⁸Cité par Bishop et Allen.

⁴⁹ le modèle devra cependant être adapté aux conditions climatiques, aux sols et aux cultures typiques de la zone d'étude.

- Sa validité dans les régions tropicales et notamment en Afrique de l'Ouest a été confirmée par Roose (1977) au Burkina-Faso et en Côte d'Ivoire.

5.1.3 Analyse coûts-avantages.

L'un des objectifs de recherche en économie de la conservation des sols est l'évaluation des taux de dégradation du sol. Dans plusieurs cas, c'est le taux de perte de sol qui est comparé à une valeur hypothétique supposée être le taux maximal⁵⁰ correspondant à un haut niveau de productivité et de conservation du sol (Wischmeier et coll., loc. cit.). Cette valeur est généralement constante et ne donne pas d'indication sur la méthode la mieux appropriée pour restaurer la fertilité du sol.

On trouve quelques applications de techniques d'optimisation dynamique (telles que la théorie du contrôle optimal) au problème de conservation du sol (Burt, 1981 ; McConnell, 1983 ; Ehui, 1990). Elles donnent un aperçu sur l'utilisation optimale du sol mais dans plusieurs cas les études basées sur ces techniques ne sont pas illustrées par des données empiriques et restent à un niveau purement théorique (Pagiola, 1991). Les résultats de ces études sont souvent ambigus, à moins que des hypothèses simplificatrices, portant sur les propriétés biophysiques des sols, soient faites. En conséquence, ces techniques ne peuvent donc pas être appliquées directement à n'importe quel système, sauf sur la base d'une connaissance approfondie des relations physiques entre l'érosion du sol et les rendements.

L'analyse coûts-avantages offre un instrument simple et relativement facile, mais d'une approche puissante pour analyser les problèmes de conservation des sols. Cette méthode se prête assez bien à l'analyse des études de cas spécifiques.

L'analyse coûts-avantages est un outil d'analyse historiquement mis au point pour étudier les projets de développement des ressources minérales. Les variantes de cette méthode ont été utilisées pour analyser un certain nombre de cas de conservation des

⁵⁰ le taux maximal de perte de sol est un concept physique supposé être la valeur "t" que l'on puisse tolérer, sans qu'il y ait des effets sur le rendement

sols, en Inde (Magrath, 1989), au Mali (Bishop et Allen, 1989), dans plusieurs régions du Kenya (Hedfors, 1981 ; Holmberg, 1985 ; Lindgren, 1988 ; Pagiola, 1990 : voir Pagiola, 1991).

L'analyse de la rentabilité de la conservation du sol peut être approchée à deux niveaux d'observation :

- celui de l'exploitation agricole gérée par le ménage paysan,
- et ensuite celui du terroir géré par la collectivité à savoir le village, l'Etat où la société en général (Lutz et al., 1994).

Du point de vue du paysan individuel ou du ménage paysan, l'analyse de rentabilité à faire est de nature financière et se justifie pour deux raisons fondamentales :

- les décisions au sujet de l'utilisation du sol sont, en dernier ressort, prises par le paysan lui-même et non par la collectivité ; le paysan prend ses décisions, en fonction de son objectif, de ses ressources et de ses contraintes, et non en fonction de ceux de la collectivité;
- en second lieu, les problèmes liés à l'utilisation de la terre dépendent des caractéristiques biophysiques du sol, qui, elles-mêmes, varient d'un micro-terroir à un autre.

Du point de vue de la collectivité, l'analyse de la rentabilité est essentiellement économique. Elle utilise des prix et des coûts qui reflètent les objectifs, les ressources et les contraintes de la société entière. Contrairement à l'analyse financière, l'analyse économique prend en compte les effets exercés par des décisions sur des individus, l'environnement et l'économie de la localité⁵¹, et aussi les effets secondaires et indirects des investissements.

⁵¹ Les effets externes.

5.2 Approches méthodologiques

Cette section consiste essentiellement à développer les approches méthodologiques destinées à estimer le taux de dégradation du sol et les rendements de maïs qui en résultent, la structure de l'analyse coûts-avantages.

5.2.1 Détermination des taux de dégradation et des rendements associés.

Pour tester l'hypothèse n°2 [Les taux de dégradation et les pertes de rendement sont plus importants dans les systèmes traditionnels de gestion des sols que dans les systèmes améliorés.], nous devons pouvoir quantifier les taux de dégradation des sols et établir la relation entre ceux-ci et les rendements. Pour cela, deux étapes doivent être franchies : modéliser l'environnement biophysique et établir la relation entre le taux de dégradation et l'environnement.

- Etape n°1 : Modélisation de l'environnement biophysique.

L'équation universelle de pertes de sol (USLE) est une équation paramétrique qui lie la perte en sol (ou dégradation du sol) aux différents facteurs connus de l'érosion:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

dans le système acre⁵² où :

A = Pertes annuelles moyennes de sol (en tonnes américaines par acre)⁵³ ;

R = Indice pluie ou indice d'intensité pluviométrique ;

K = Indice sol ou indice d'érodibilité du sol ;

LS = Indice pente ou facteur topographique ;

⁵² unité de mesure des superficies dans les pays anglo-saxons (1 acre = 0,4047 ha)

⁵³ 1 tonne américaine = 0,9074 tonne métrique. On déduit que : 1 (tonne américaine / acre) = 2,24 (tonnes métrique / ha)

- C = Indice culture ou indice de couvert végétal et de pratiques culturales;
- P = Indice conservation ou indice des traitements utilisés pour lutter contre la dégradation du sol ;

LS, C, P sont des paramètres sans dimension⁵⁴.

- Etape n°2: Etablir la relation entre le taux de dégradation **A** et les rendements **Y**:

$$Y_t = F(\sum A_t) \quad (12)$$

Y_t = rendement en kg/ha (pratique traditionnelle).

$\sum A_t$ = taux de dégradation annuel cumulé pour l'année t.

Cette équation sera estimée pour le maïs sur les parcelles agricoles sous les différentes pratiques de conservation du sol et notamment sous la pratique traditionnelle.

5.2.2 Le modèle d'analyse coûts-avantages

Pour tester les hypothèses n°3 et 4 : " A long terme, l'adoption des pratiques de conservation des sols est financièrement et économiquement rentable au niveau de l'exploitation agricole ", nous avons développé le modèle d'analyse coûts-avantages en posant pour hypothèse que les pratiques persistent dans le temps. Ainsi on a déterminé les avantages nets par système et déduit les avantages nets supplémentaires engendrés par les pratiques modernes spécifiques qu'adopteraient le paysan.

Formellement, on a :

- 1er cas : système traditionnel

⁵⁴ Dans le système métrique, la dimension de "R" est le Mj.cm/ha.h et celle de "K" la t.h/Mj.cm.

$$B_{je}^{t0} = \sum_{j=1}^{j=m} [(P \cdot Q_{je}^{t0}) - C_{je}^{t0}] \quad (13)$$

P = Prix espéré (fcfa) de la production du maïs.

Q_{je}^{t0} = Production brute en kg / ha, sous la pratique traditionnelle "0", sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

C_{je}^{t0} = Coût de production annuel en fcfa / ha, sous la pratique traditionnelle "0", sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

B_{je}^{t0} = Avantage financier net annuel en fcfa / ha, sous la pratique traditionnelle "0", sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

■ 2ème cas : Pratiques de conservation améliorées

$$B_{je}^{tc} = \sum_{j=1}^{j=m} [(p \cdot Q_{je}^{tc}) - C_{je}^{tc} - I_{je}^{tc}] \quad (14)$$

où :

Q_{je}^{tc} = Production brute en kg / ha, sous la pratique améliorée de conservation "c", sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

C_{je}^{tc} = Coût de production annuel en fcfa / ha, sous la pratique améliorée de conservation "c", sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

I_{je}^{tc} = Investissement annuel en fcfa / ha, sous la pratique améliorée de conservation "c", sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

B_{je}^{tc} = Avantage brut annuel en fcfa / ha, sous la pratique "c" conservatrice du sol, sur la parcelle "j" de l'exploitation agricole "e", de l'année "t".

Enfin l'analyse à long terme des marges nettes additionnelles se fera aux moyens de l'équation qui suit :

$$B_{j_0}^{t_0} - B_{j_0}^{t_0} = \sum_{j=1}^{j=m} [P \cdot (Q_{j_0}^{t_0} - Q_{j_0}^{t_0}) - (C_{j_0}^{t_0} - C_{j_0}^{t_0}) - I_{j_0}^{t_0}] \quad (15)$$

Les principaux critères de décision relatifs à la rentabilité de l'investissement dans les pratiques de conservation améliorées sont :

► **La valeur actuelle nette (V.A.N)**

C'est la valeur actualisée des avantages bruts moins la valeur actualisée des coûts bruts. Cet indicateur est recommandé dans tous les cas et en particulier dans l'analyse des projets qui s'excluent mutuellement. Il est surtout recommandé dans l'analyse prospective ou rétrospective de projets indépendants.

$$V.A.N = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{A_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

► **Le taux de rentabilité interne (T.R.I)**

C'est le taux d'actualisation auquel la valeur actuelle nette des avantages est égale à la valeur actuelle nette des dépenses totales (l'investissement plus les coûts d'exploitation). son usage est recommandé dans l'analyse prospective ou rétrospective de projets indépendants ou non ; cependant, dans le cas de projets mutuellement exclusifs le choix porte sur le projet ayant la valeur actuelle nette la plus élevée.

$$T.R.I = t_e, \text{ tel que : } \sum_{t=1}^{t=n} \frac{A_t - C_t}{(1 + i)^t} = 0 \quad (17)$$

► **Le ratio avantage-net investissement (R.A.N.I)**

Cette forme de ratio avantages/coûts est le meilleur indicateur de rentabilité en cas où l'on recherche la meilleure utilisation économique d'une ressource fixe dans plusieurs projets indépendants, qui permet de maximiser les avantages nets pour un franc cfa investi. C'est la somme des avantages nets positifs actualisés rapportée à la somme des avantages nets négatifs actualisés (Bojö, 1986 ; Gittinger, 1982) .

$$R.A.N.I = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{N_t}{(1+i)^t} / \sum_{t=1}^{t=n} \frac{K_t}{(1+i)^t} \quad (18)$$

A_t = avantages bruts (fcfa) à l'année "t"

C_t = coûts bruts (fcfa) à l'année "t"

N_t = avantages nets positifs (fcfa) à l'année "t"

K_t = avantages nets négatifs (fcfa) à l'année "t"

i = taux d'actualisation.

t_e = un taux d'équilibre entre les avantages et les coûts.

La rentabilité d'une méthode de conservation du sol dépend :

- ▶ De la valeur de la production additionnelle et du prix du produit.
- ▶ Du coût relatif de chaque pratique.
- ▶ De l'ampleur des investissements
- ▶ Du taux d'actualisation utilisé pour pondérer les revenus dans les différentes périodes.

5.2.3 Quantification et collecte des données.

Dans ce paragraphe, on expose les méthodes d'estimation des paramètres du modèle USLE, l'estimation des prix et le choix du taux d'actualisation.

5.2.3.1 Paramètres du Modèle USLE

Les paramètres du modèle USLE sont : L'indice d'intensité pluviométrique (R), l'indice d'érodibilité (K), le facteur versant du champ (LS), l'indice de culture (C) et l'indice de conservation (P).

L'indice pluie : R

Formellement, cet indice est le produit de l'énergie de la chute de pluie par l'intensité maximale en trente minutes divisée par 100.

$$R = \frac{E_g \times I_m}{100}$$

R = indice pluie.

E_g = énergie cinétique (en Mégajoule *Mj*).

I_m = intensité maximale en 30 minutes.

Roose (1977) a trouvé que le ratio (R) sur le niveau de précipitation est égal à 0,5 en Afrique de l'Ouest sauf dans les régions de montagne et au bord de la mer. (R) varie d'une année à l'autre en fonction du niveau et de l'intensité de précipitation. Il s'est servi des données de pluviométrie enregistrées sur 20 à 50 ans dans les principales stations climatologiques de la région pour trouver ce résultat. Plus spécifiquement, il trouve un indice de 0,45 en moyenne dans les zones connaissant deux saisons pluvieuses par an et 0,55 dans celles connaissant une seule saison pluvieuse (Bishop et Allen, loc. cit.).

Delwaille (1973) a aussi proposé une méthode de prédiction de (R) basée sur une relation économétrique qui, malheureusement, requiert des données relatives à l'intensité maximum de pluies, rarement enregistrée dans les stations météorologiques.

Pour cette étude, nous allons adopter l'approche de Roose et comme dans le Mono, il y a deux saisons pluvieuses par an, (R) est égal à l'intensité annuelle moyenne des précipitations enregistrées dans le département multipliée par 0,45.

L'indice sol: K

Il est lié aux propriétés physiques et chimiques du sol qui est souvent étudié en laboratoire. Mais jusqu'à présent aucun test de laboratoire n'a pu donner de résultats satisfaisants et c'est la raison pour laquelle les chercheurs américains (Wishmeier et coll., loc. cit.) ont proposé de l'étudier au champ, dans les conditions standards.

En pratique, cette donnée existe auprès des services du Centre national d'agropédologie (CE.N.A.P) du Bénin qui intervient sur l'ensemble du territoire national. On peut la trouver également dans les publications basées sur des études effectuées sur l'Afrique de l'Ouest.

A titre d'exemple le tableau 5.1 présente quelques valeurs de l'indice sol (K) estimé sur la terre de barre⁵⁵ au sud-ouest du Bénin :

⁵⁵ la terre de barre est le nom vulgaire donné aux sols ferrallitiques au Bénin.

Tableau 5.1 : Quelques valeurs de (K) sur la terre de barre au sud-ouest du Bénin

caractéristiques du sol	(K) calculé		(K) estimé avec l'abaque
	sol sec	sol humide	
après 5 ans de jachère	0,02	0,04	0,05
après 5 années de labour dans le sens de la pente	0,08	0,11	0,10
sol nu, non protégé pendant 5ans	0,14	0,17	0,18

Source : Azontondé, A. H. (1988)

Ainsi la connaissance de la durée de jachère permet, compte tenu des données secondaires, d'estimer l'indice d'érodibilité des parcelles agricoles.

Le facteur topographique : LS

Il permet de comparer les conditions topographiques d'un lieu à des conditions standards et caractérise l'effet de l'inclinaison et de la longueur de la pente selon la formule :

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (0,76 + 0,53 \cdot S + 0,076 \cdot S^2) \quad (20)$$

Une inclinaison de 9 pour-cent et une longueur de 72,6 pieds (soit 22,12 m) représente les dimensions standards et donne un indice pente égal à l'unité.

(L) est la longueur de la pente en pieds (72,69 pieds = 22, 12 m);

(S) la pente en pourcentage (%);

D'après la CTFT (1979), comme pour l'instant on ne possède encore que fort peu de données permettant de définir avec plus de précision le facteur topographique dans les conditions tropicales, on utilise cette formule de Wishmeier et Smith. Dans cette

étude, les longueurs et les inclinaisons des pentes ont été mesurées par parcelle et introduites dans l'équation précédente pour estimer l'indice pente.

L'indice de culture caractérisant la couverture végétale du sol : C

Il permet de tenir compte du fait que les pluies agissent proportionnellement plus sur un sol nu que sur un sol couvert. Il caractérise la culture: nature et succession des cultures, degré de fertilisation minérale ou organique.

Comme ces mesures ne sont pas toujours faciles à effectuer, nous pourrions exploiter les données secondaires sur les résultats d'indice de couverture végétale obtenu sur la terre de barre au Bénin (tableau 5.2).

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Tableau 5.2 : Quelques valeurs d'indices du couvert végétal mesurés au Sud-Bénin sous une pluviométrie annuelle de 1250 mm

Plantes et systèmes culturaux	(C) moyen annuel
Sol nu	1
Arachide en 1ère saison à plat	0,4
Niébé en 2ème saison à plat	0,01
Maïs en 1ère saison à plat	0,5
Manioc à plat	0,3 - 0,7
système <i>mucuna et acacia</i> *	0,001
système couloir de <i>leucaena</i> *	0,01

Sources : Azontonde (1988), * = (CENAP : conversation personnelle avec AZONTONDE A. H., 1993)

L'historique agricole de la parcelle pourrait servir à faire des estimations approximatives de (C) sur la base des données secondaires affichées au tableau 5.2. Pour les activités constituées de cultures en association, on construit un indice synthétique. Par exemple, si une activité est composée de deux cultures (le maïs et le niébé) et possède les paramètres suivants :

- ▶ D_m = densité du maïs sur une parcelle "x";
- ▶ d_n = densité du niébé sur une parcelle "x";
- ▶ D = densité du maïs dans la région;
- ▶ d = densité du niébé dans la région;
- ▶ a = indice de conservation du maïs;
- ▶ b = indice de conservation du niébé;

l'indice synthétique de cultures relatif à cette association de cultures sera :

$$I_s = \frac{a \left(\frac{D_m}{D} \right) + b \left(\frac{d_n}{d} \right)}{\frac{D_m}{D} + \frac{d_n}{d}} \quad (21)$$

indice de conservation des sols : P

Cet indice caractérise les pratiques qui retiennent une certaine proportion de terre qui aurait été érodée. Théoriquement, c'est le rapport des pertes de terre d'un champ sur lequel on applique des pratiques conservatrices à celles d'un champ cultivé selon la ligne de plus grande pente ($p = 1$), toutes choses étant égales par ailleurs.

Dans la pratique, les données secondaires existent au niveau des services de pédologie. Au centre agro-pédologique du Bénin, Azontondé (loc. cit.) a estimé l'indice des principales pratiques anti-érosives rencontrées dans l'agriculture paysanne (tableau 5.3).

Tableau 5.3 : Quelques valeurs de l'indice des pratiques anti-érosives courantes.

Techniques culturales anti-érosives : aménagement	(P) annuel moyen
Mulch de paille (5 t / ha)	0,06
Billonnage perpendiculaire à la pente	0,05
Labour parallèle à la pente	0,72
Prairie temporaire ou plante de couverture*	0,10 - 0,50
Jachère herbeuse*	0,1 - 0,5

Sources: Azontondé (1988), * = Roose (1977)

5.2.3.2 Prix et taux d'actualisation

Dans cette section, nous exposons les méthodes de détermination des prix des intrants et des produits, et du taux d'actualisation dans les analyses financières et économiques.

Choix du taux d'actualisation

Le point critique de l'actualisation réside dans le choix du taux social qui doit être utilisé pour calculer la valeur actuelle des avantages et des coûts des investissements, si l'on veut que les décisions prises à partir des analyses coûts-avantages soient optimales. Ainsi, une analyse coûts-avantages dans laquelle on utilise le taux d'actualisation social peut inciter les responsables politiques à prendre les décisions qui sont les bonnes d'un point de vue social. En théorie, la question du taux d'actualisation approprié à l'évaluation des projets est extrêmement complexe et elle continue de faire l'objet de controverses parmi les économistes. On peut toutefois définir le taux d'actualisation comme un taux d'intérêt unique qui :

- Indique la dépréciation du futur ; c'est-à-dire représente le taux social de préférence inter-temporel qui est le taux auquel la société est disposée à renoncer à des biens et services de consommation aujourd'hui pour en bénéficier plus tard ;
- représente le taux de rentabilité marginale des investissements dans le secteur privé ; autrement dit, le coût d'opportunité d'un investissement privé ;
- représente le coût d'opportunité d'un investissement public, c'est-à-dire la valeur de la consommation et de l'investissement privé auquel il faudra renoncer pour réaliser l'investissement ;
- prend en compte le risque.

Lind (1981) a montré que, dans une économie idéale qui obéit aux conditions de la concurrence parfaite dans un monde de certitude, il y a une égalité parfaite entre les différents taux cités dans la définition théorique ci-dessus.

En pratique, des problèmes de mesure se posent et comportent tant de difficultés que d'emblée les économistes ne se contentent que d'approximations. La Banque mondiale pratique généralement un taux de 10 à 12 %. On peut aussi se contenter d'estimations de la productivité effective du capital dans un pays ou dans une région d'un pays pour choisir le taux d'actualisation, ou pour faire des comparaisons.

Pour l'analyse financière, on a essayé d'estimer la productivité marginale du capital dans les principales activités extra-agricoles observées dans le département. Cette approche nous paraît justifiée dans la mesure où on ne peut pas éviter d'ignorer les investissements dans les activités auxquelles se livre les acteurs du secteur privé et notamment les opportunités de placement de capitaux qui se présentent à eux. **Aussi est-il souhaitable de faire une analyse de sensibilité basée sur plusieurs taux représentant plusieurs types de placement.**

5.2.4 Procédure d'analyse.

Ce chapitre est basé sur les résultats du chapitre précédent pour aborder l'analyse à long terme. Il s'agira, notamment, de faire une analyse coûts-avantages qui prendra en compte le système traditionnel et le traitement dominant de chaque système de conservation du sol. Etant donné les acquis de connaissances sur la rentabilité des différents systèmes de conservation du sol, nous les utiliserons pour estimer la rentabilité financière et économique à long terme des ressources additionnelles nécessaires pour la mise en oeuvre des systèmes de conservation du sol.

5.2.5 De l'analyse financière à l'analyse économique.

Les coûts et avantages financiers liés à la conservation du sol sont directement perçus par le producteur et influencent sa décision quant à l'allocation des ressources entre les activités concurrentes. Cependant ils ne permettent pas de savoir si l'allocation résultant des ressources est efficace sur le plan économique et social ; ils peuvent donc diverger des coûts et avantages sociaux, et ceci pour deux raisons fondamentales :

- L'imperfection des marchés ou les distorsions induites par les politiques agricoles affectent la décision du producteur de sorte que les prix financiers ne reflètent pas leur valeur de rareté et ne représentent pas les coûts d'opportunité des biens et services au niveau de la société. Par conséquent, en calculant la valeur ajoutée

d'un bien au prix financier, on peut surestimer ou sous-estimer le coût économique réel si sa rémunération est respectivement supérieure ou inférieure à son coût d'opportunité. Ainsi, les comportements de maximisation du profit individuel ne s'orientent pas nécessairement vers l'optimum social.

- La dégradation et la baisse de fertilité du sol qui découlent, des décisions prises sur la base des prix financiers, imposent des coûts à la société, dans le long terme, qui n'entrent pas dans le calcul de l'exploitant dans le court terme.

En théorie économique, l'existence de tels coûts décourage la conservation du sol. Quel prix doit - on alors payer pour les éviter ? il se pose alors la question de savoir quel prix doit être payé pour les éviter. Autrement dit, quels sont les prix et le taux d'actualisation social qui reflètent les coûts et avantages sociaux liés aux systèmes de conservation des sols.

Pour que les prix reflètent le coût d'opportunité social des produits, des intrants et des services, on peut distinguer dans l'évaluation économique deux cas de figures: les biens échangeables et les biens non échangeables. Notre étude concerne un intrant échangeable⁵⁸, l'engrais, un produit échangeable, le maïs, et des intrants et produits non-échangeables. Etant donné que le maïs est très peu échangé⁵⁹ et ce, dans un cadre quasi-informel, le prix privé est utilisé comme une valeur approchée du prix économique du maïs.

Les intrants et extrants non échangeables sont de deux ordres:

⁵⁸ Dans la sous-section "choix des activités", on avait précisé que le coton ne serait pas étudié; or en dehors de cette production, il n'y a plus d'autres produits échangeables cultivés dans la région.

⁵⁹ Le maïs est très peu échangé et le peu d'échange a lieu principalement dans un cadre informel avec le Nigéria voisin. En plus les statistiques officielles du commerce extérieur du maïs sont quasi-inexistantes.

- Ceux qui ont un marché local : ils sont évalués sur la base de leur coût d'opportunité, c'est-à-dire la valeur de la meilleure alternative sacrifiée au profit d'un intrant ou d'une production donnée.
- Ceux qui n'ont pas un marché local : ce sont généralement les intrants. Ils seront évalués la base de la valeur travail⁶⁰ qu'ils contiennent ou de la valeur des aménagements qu'ils nécessitent avant de pouvoir être utilisés comme fertilisant.

5.3 La détermination de la relation entre les pratiques agricoles et la dégradation du sol: résultats et discussions

Beaucoup de pratiques agricoles mal conçu dégradent généralement le sol. Un sol dégradé a généralement un couvert végétal peu dense par rapport à un sol fertile. Un tel sol serait donc logiquement plus assujéti aux effets mécaniques de la pluie et du vent, c'est-à-dire à l'érosion hydraulique et éolienne. Il apparaît donc que l'indice du couvert végétal (C) est un facteur principal commun aux deux notions. Aussi, la pluie (R), la topographie (LS), le type de sol (K), les techniques anti-érosives (P) sont des facteurs qui influencent la quantité et la décomposition de la matière organique en matière minérale. Il existe donc une relation entre les pertes de sol par érosion et la baisse du niveau de fertilité du sol. On cerne mieux cette relation lorsqu'on utilise conjointement avec le modèle d'estimation des pertes de terre, un second modèle qui estime la relation entre les pertes de sol par érosion et le niveau des rendements d'une culture-test de la fertilité du sol (Lal, 1987; Pagiola, loc. cit.).

5.3.1 Résultats et discussions

Le tableau 5.4 présente les paramètres estimés du modèle USLE sur les parcelles expérimentales ayant fait l'objet de la présente étude. Ces paramètres sont pour la plupart estimés sur la base de données secondaires et de quelques données primaires. L'indice-pluie (R) mesure la facilité des pluies à provoquer l'érosion a une

⁶⁰ c'est à dire la valeur de la quantité de travail liée à la production de l'intrant.

valeur de 450 joules / m² ; cette valeur n'est pas loin de celles estimées par Roose (loc. cit) sur d'autres plateaux. La CTFT (op. cit) considère ces valeurs comme étant moyennes. L'indice sol (K) mesure la sensibilité du sol à l'érosion. Il varie de 0,5 à 0,18 dans les parcelles, en fonction principalement de la roche-mère mais aussi du mode d'exploitation et de l'état d'humidité du sol ; Roose (loc. cit) estime que ces valeurs sont faibles, notamment par rapport à celles observées sur les sols ferrugineux qui sont 2,4 fois plus grandes. L'indice-pente (LS) mesure la topographie du sol et varie de 0,02 à 0,12 avec des pentes faibles d'environ 1 à 2 % au maximum. L'indice du couvert végétal (C) varie de 0,001 à 0,01 dans les systèmes améliorés contre 0,3 à 0,5 dans le système traditionnel. L'indice de conservation (P) varie de 0,01 à 0,05 dans les systèmes améliorés ayant bénéficié des traitements anti-érosifs contre 0,1 à 1 dans le système traditionnel. Les indices dans les systèmes améliorés tendent vers zéro en raison de la meilleure protection que ceux-ci confèrent au sol.

Tableau 5.4 : Relation entre les pratiques traditionnelles et la dégradation du sol
(1)

Paramètres du modèle U.S.L.E.		Valeurs sur sol ferralitique à fertilité médiocre			Valeurs sur sol ferralitique à fertilité moyenne	
		système local	système <i>mucuna</i>	système <i>acacia</i>	système local	système couloir
R	indice pluie*		450		450	
K	indice sol		[0,05-0,18]		[0,05- 0,18]	
LS	indice pente*		[0,02- 0,12]		[0,02- 0,12]	
C	indice de culture	[0,3 - 0,5]	0,001	0,001	[0,3- 0,5]	0,01
	indice des					
P	pratiques anti-érosives	[0,1 - 1]	0,01	0,01	[0,1- 1]	[0,01-0,05]

Sources : construit à partir des estimations de Azontondé (1988) et de (*) nos propres estimations (1993).

Le tableau 5.5 montre les taux de dégradation moyens annuels du sol estimés à partir de ces paramètres. Dans le système traditionnel, le taux de dégradation du sol est de l'ordre de 5 tonnes par hectare (soit une perte de 0,3 mm d'épaisseur de sol par année)⁶¹ tandis qu'il est pratiquement nul dans les systèmes améliorés.

Tableau 5.5 : Relation entre les pratiques traditionnelles et la dégradation du sol (2)

Types de sol	Indice de pente du sol		Taux de dégradation annuel du sol (t/ha)	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
sols ferrallitiques médiocres	0,07	0,03	4,8	1,4
sols ferrallitiques à fertilité moyenne	0,08	0,03	5	2,1
sols ferrugineux infestés par l'impérata	0,15	0,05	36	7,2

Source: nos propres estimations⁶² (1994)

Cette valeur moyenne des pertes de sol observées à Zouzouvou sur le plateau Adja est faible comparativement à celle estimée à Eglimé sur la savane de Lonkly (36 t* ha⁻¹*an⁻¹) et à celle estimée par Azontondé (1988) au niveau du département du Mono. La différence entre l'érosion du sol dans ces deux principales zones agro-écologiques du département est surtout due aux différences dans les longueurs des pentes, les inclinaisons des pentes, et les types de sol rencontrés. elle ne dépend pas de différences entre les taux de couverture végétales du sol ni des pratiques anti-érosives. Or ces deux dernières variables influencent assez bien le niveau de fertilité du sol, de sorte qu'il devient indispensable, pour connaître le lien entre l'érosion et la fertilité du sol, d'estimer la relation entre la perte de terre due à l'érosion hydraulique et la baisse du niveau de rendement d'une culture indicatrice telle que le maïs.

⁶¹la masse volumique des terres riches en oxyde de fer varie de 1,50 à 1,55 t/m³

⁶² Les estimations sont faites sur la base des échantillons de parcelles correspondant aux systèmes étudiés.

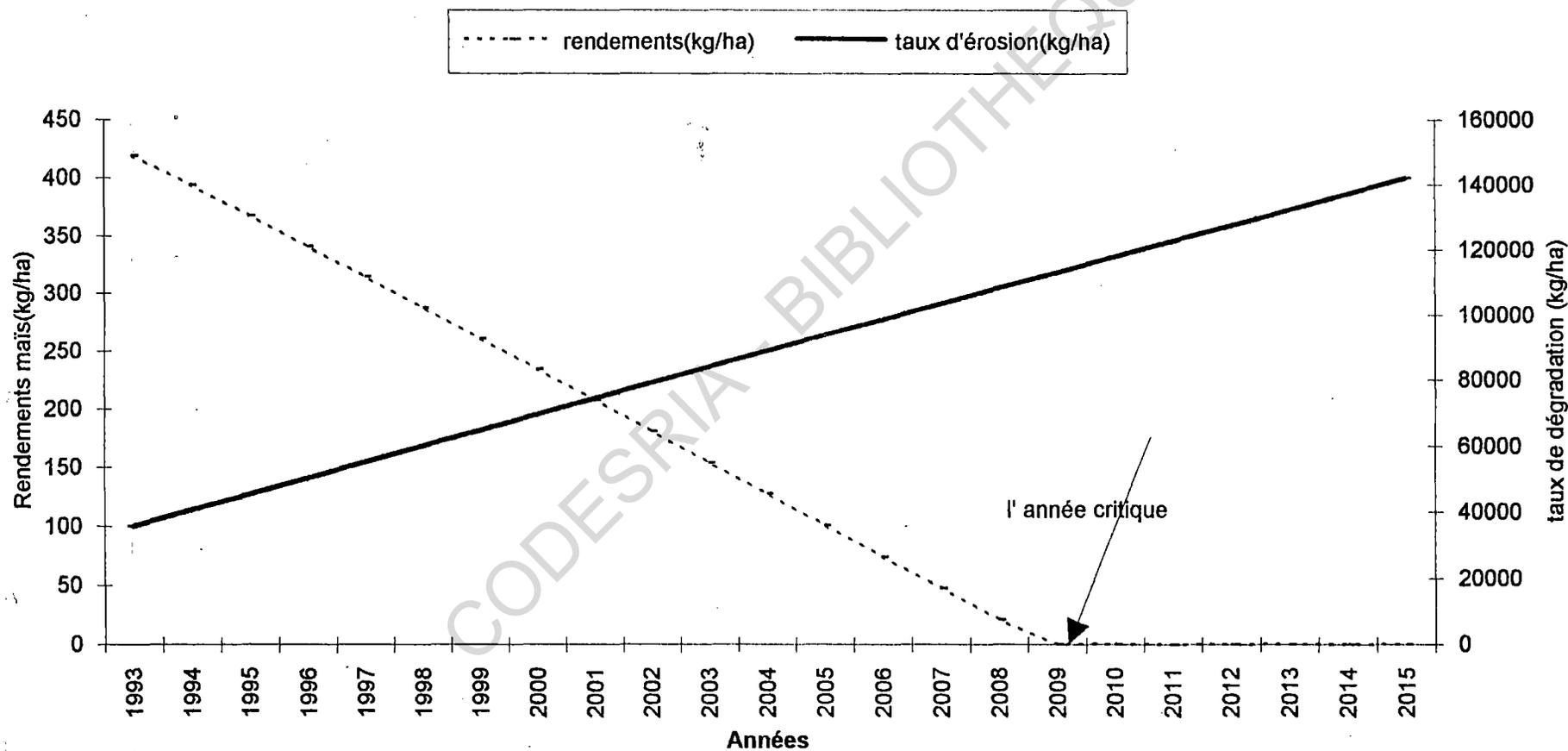
5.4 La détermination de la relation entre la dégradation physique du sol et les pertes de rendement qui en résultent: résultats et discussions

Les figures 17 et 18 montrent une relation inverse entre les rendements du maïs et les niveaux cumulatifs de dégradation du sol. Elles montrent de façon générale, sous l'hypothèse selon laquelle les pratiques traditionnelles de gestion du sol persistent dans le temps, que les rendements du maïs baissent constamment alors que le taux de dégradation du sol augmente.

La figure 17 présente la dégradation sur les sols ferrallitiques à fertilité déjà médiocre et montre que si rien n'est fait pour arrêter l'érosion de la fertilité du sol, les rendements du maïs, culture de base pour l'alimentation dans la région, tendront vers zéro à partir de l'an 2009. Par ailleurs, sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne, la figure 18 montre que la situation est moins grave ; toutefois il serait avantageux d'intervenir si l'on désire accroître durablement les possibilités de production dans le monde rural.

Le tableau 5.6 présente les équations de régression du rendement de maïs par rapport au taux de dégradation du sol dans les deux domaines de recommandation considérés. Il montre que les tests de t (Student) et de F (Fischer) sont significatifs. Les variations dans les rendements du maïs sont à 90% expliquées par le niveau de dégradation du sol sur les sols ferrallitiques médiocres et à 69% sur les sols ferrallitiques moyens. Les coefficients de la variable indépendante sont du signe négatif; ce qui traduit la relation inverse observée précédemment entre les taux de dégradation du sol sur les rendements du maïs dans les figures 17 et 18. En somme le tableau 5.6 montre que les effets séparé et joint des coefficients de la régression sont significatifs, ce qui confirme qu'on peut accepter les équations de régression obtenus ; aussi les coefficients de détermination obtenus (90 % et 69 %) sont suffisamment grand pour permettre de faire des projections en vue d'estimer les rendements futures à utiliser dans le modèle d'analyse coûts-avantages.

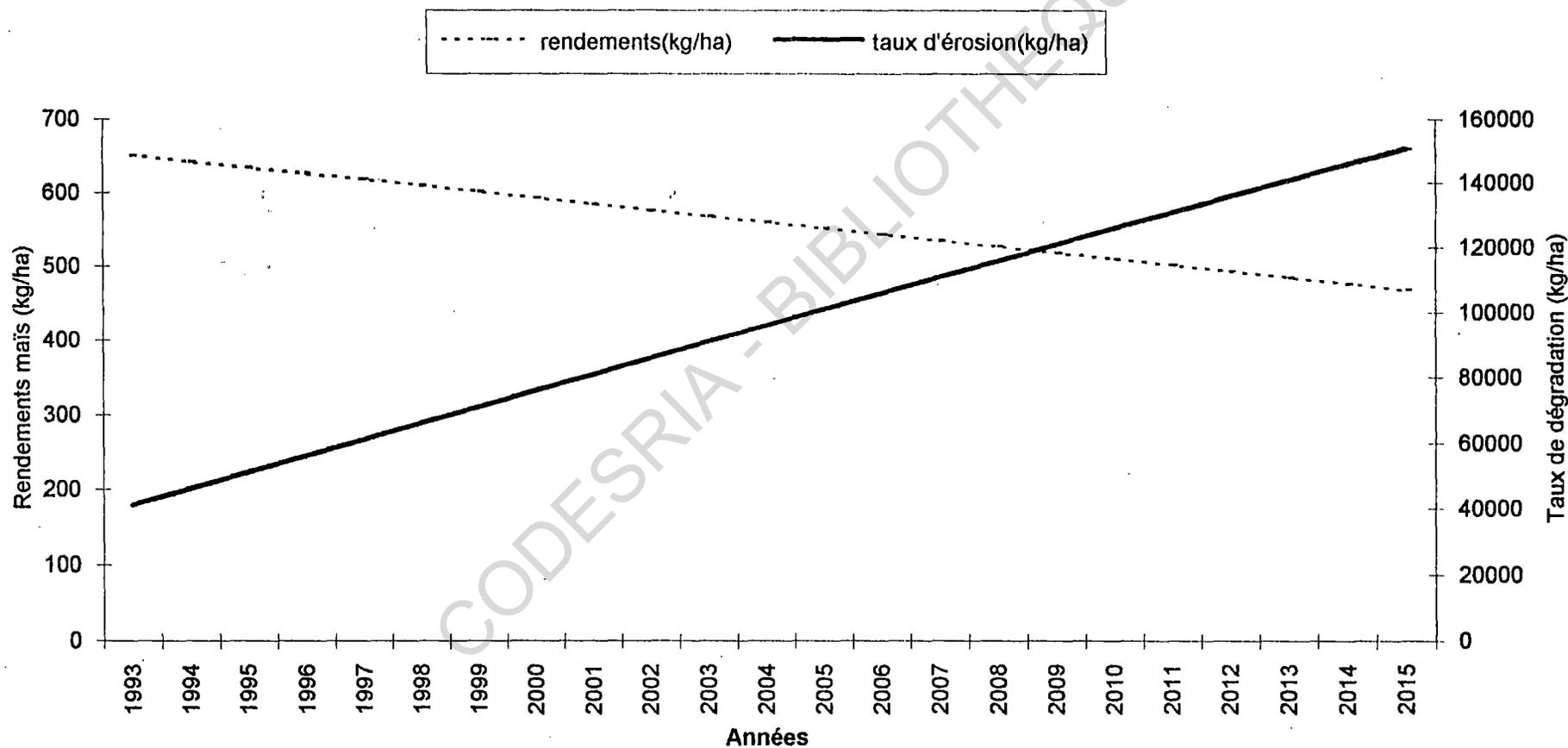
Figure 17 : Tendence de la dégradation du sol et du rendement de maïs sous l'hypothèse que le paysan persiste dans sa pratique agricole traditionnelle. Sols ferrallitiques médiocres. (1993-2015).



Note :

Source : nos propres estimations, 1994.

Figure 18 : Tendence de la dégradation du sol et du rendement de maïs sous l'hypothèse que le paysan persiste dans sa pratique agricole traditionnelle. Sols ferrallitiques moyens. (1993-2015).



Note:

Source : nos propres estimations, 1994.

Tableau 5.6 : Relation rendements du maïs - niveaux cumulatifs de dégradation du sol (Variable dépendante : rendements du maïs en kg / ha / an. Variable indépendante : taux cumulatifs de la dégradation en kg / ha / an du sol. Fonction linéaire.)

Paramètres et résultats des tests statistiques du modèle	Sols ferrallitiques à fertilité médiocre (équation 12)	Sols ferrallitiques à fertilité moyenne (équation 13)
paramètres constants	739	863
statistiques t	27,92*	48,661*
paramètres du taux de dégradation cumulé	- 0,00664	- 0,00198
statistiques t	-10,108*	- 5,731*
coefficients de détermination (R ²)	0,895	0,686
coefficients de détermination ajustés (R ²)	0,886	0,665
statistiques F	102,167*	32,841*
nombre d'observation	14	17
degrés de liberté	12	15

Source : nos propres estimations, 1993. * = significatif au seuil de 5 %.

Formellement, on a les équations de régressions :
sur les sols ferrallitiques médiocres qui s'écrit :

$$Y = 739 - 0,0066 \sum_{t=1}^{t=n} A_t \quad (22)$$

sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne :

$$Y = 863 - 0,00198 \sum_{t=1}^{t=n} A_t \quad (23)$$

Y = rendement du maïs local (kg / ha),

$\sum A_t$ = taux de dégradation du sol (kg / ha).

Cette analyse a fourni des informations sur l'érosion au niveau local de la fertilité du sol, mais elle n'est pas suffisante pour prescrire des recommandations au sujet des systèmes de conservation.

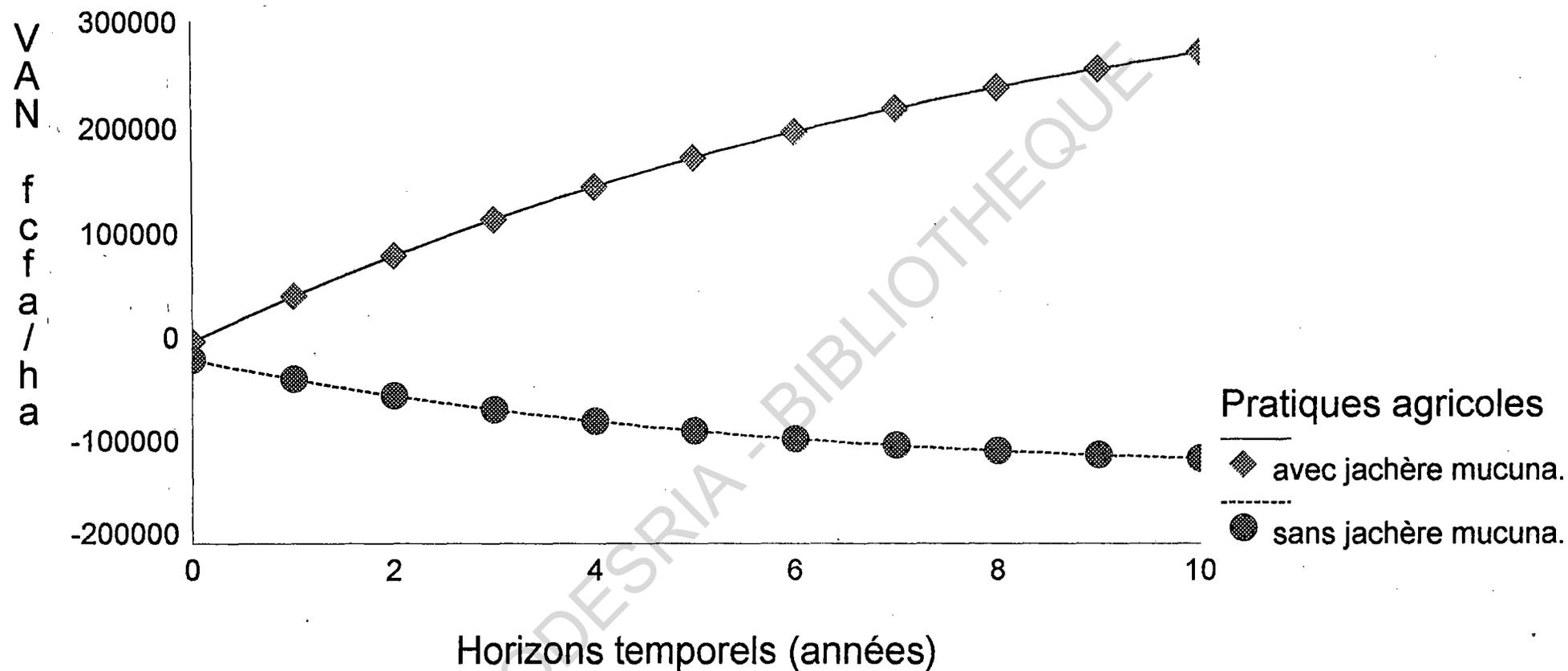
5.5 L'analyse coûts-avantages du système mucuna par rapport au système traditionnel sur les sols ferrallitiques médiocres : résultats, analyses de sensibilité et discussion.

La figure 19 indique au niveau des sols ferrallitiques médiocres l'évolution de la valeur actuelle nette (V.A.N) sur des horizons temporels variant de 1 à 10 ans, d'une part, pour la pratique traditionnelle et d'autre part, avec le système mucuna. Elle montre une divergence nette entre les deux systèmes depuis l'année zéro. A l'année zéro, le système traditionnel présente une V.A.N négative qui décroît constamment dans le temps, tandis-que le système mucuna part d'une V.A.N nulle qui, au contraire, croît constamment.

La caractéristique fondamentale du système mucuna est l'absence de la formation de flux de trésorerie négatif; autrement dit la récupération des dépenses d'investissement liées au choix de cette technologie se fait sans délai. Cela s'explique par le niveau très faible du coût d'option du système mucuna. Il est composé du coût des semences de mucuna et de celui de la main-d'oeuvre nécessaire pour les activités de préparation du champ y compris le semis. Ce coût est inférieur au revenu d'option qui correspond à la production en valeur des graines du mucuna obtenues dès la première année.

Cette analyse graphique des rentabilités actualisées dans chacune des deux technologies de conservation du sol montre un écart croissant au fur et à mesure que le temps passe. Il devient donc pertinent de procéder à l'analyse financière et économique des ressources additionnelles nécessaires pour passer du système traditionnel au système mucuna. Le résumé est présenté dans le tableau 5.7.

Figure 19: VAN avec et sans mucuna
Sols ferralitiques médiocres, Zouzouvou



Source : nos propres estimations, 1994.

Tableau 5.7 : La valeur actuelle nette (V.A.N) des marges de revenu additionnel entre le système mucuna et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans.

		Taux d'actualisation (%)					
		12	35	44	67	107	170
V.A.N en situation de référence (fcfa/ha)		3*	2	2	2	2	1
Analyse de sensibilité		V.A.N en fcfa / ha					
variable	variation(s)						
Prix du maïs	+ 50 %	4*	3	2	2	2	2
coût de l'engrais	+ 100 %	3*	2	2	2	2	1
coût d'option	- 75 %	3*	2	2	2	2	1
	+ 100 %	3*	2	2	2	2	1
revenu d'option	+ 400 %	4*	3	3	2	2	2
coût du travail	- 100 %	4*	2	2	2	2	2
	+ 100 %	3*	2	2	2	2	1
Horizon temporel	20 ans	4*	2	2	2	2	1

Source: nos propres estimations, 1993. * =valeur financière & économique; 0 = négatif; 1 = ($0 \leq VAN < 25000$); 2=($25000 \leq VAN < 200000$); 3 = ($200000 \leq VAN < 400000$); 4 = ($VAN \geq 400000$).

Chiffre en gras = indique les seuils critiques (en dessous desquels la décision d'investir change) par rapport au taux d'actualisation dans la situation de référence et l'analyse de sensibilité.

L'examen de ce tableau permet de dégager les points clef ci-après :

au premier chef, la pratique du taux d'actualisation de 12 % donne une valeur actuelle nette (V.A.N)⁶³ des marges additionnelles largement positives. Elle le demeure, même quand on introduit dans les calculs des changements notables dans le prix du maïs, les principaux coûts de production et l'horizon temporel. En particulier, que le travail du paysan soit inclus dans le profit où qu'il s'octroie explicitement un salaire, la V.A.N reste toujours largement positive.

⁶³ il s'agit de la V.A.N financière qui équivaut ici à la V.A.N économique lorsqu'on ne tient pas compte monétairement des coûts et bénéfices intangibles difficiles à estimer.

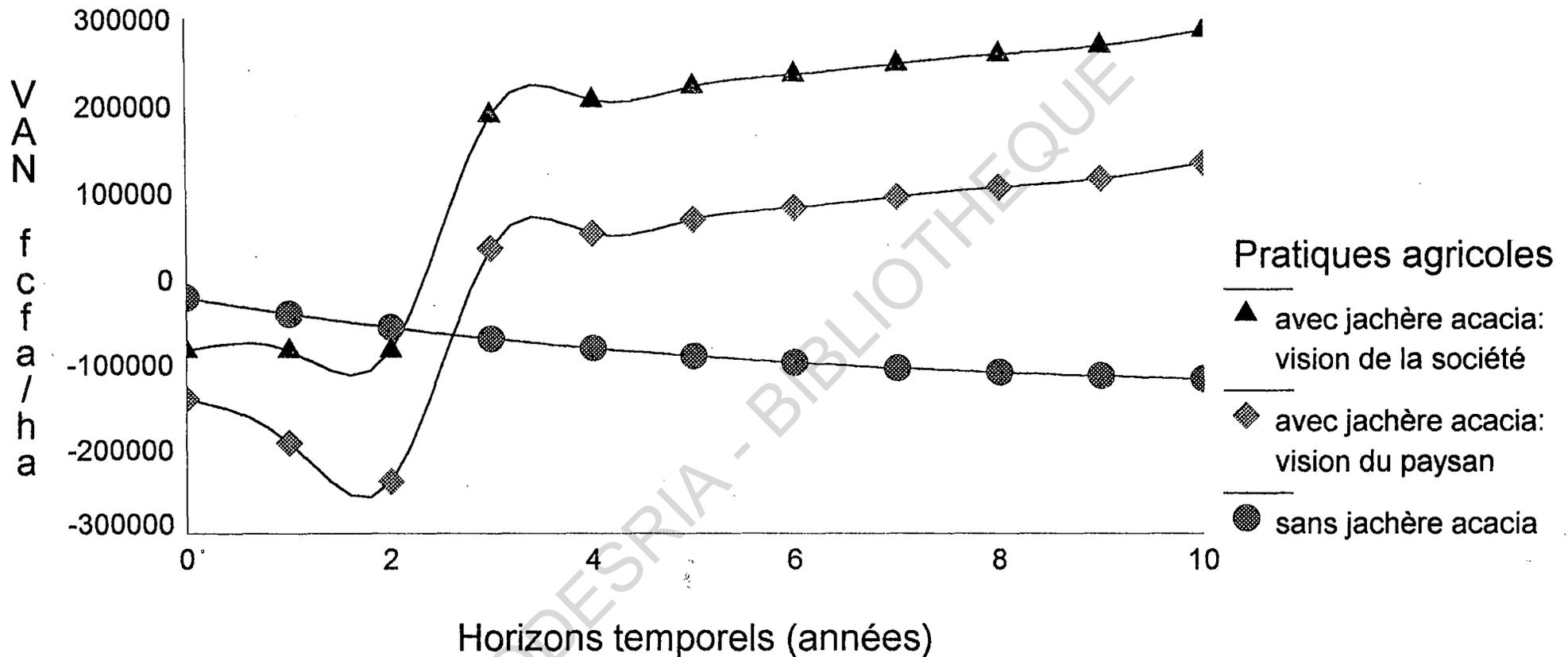
Aussi lorsqu'on actualise les marges additionnelles aux moyens des taux de rémunération marginale du capital financier investi dans les opportunités privées représentant les activités pratiquées en milieu paysan, on obtient d'après les résultats du tableau 5.7 des VAN largement positives pour les taux de 35 %, 44 %, 67 % et 107 % et ce, quels que soient les changements prévisibles dans les prix du produit, les coûts de production et l'horizon temporel. Le système mucuna apparaît donc concurrentiel à beaucoup d'activités extra-agricoles jugées financièrement rentables dans le monde rural.

Au total, le système mucuna est une alternative de système de conservation du sol praticable sans un investissement financier substantiel. L'investissement financier qu'il requiert est sans délai de récupération et est plus rentable que ceux requis dans la plupart des activités extra-agricoles pratiquées par le paysan ; il ne cause donc pas de problème de trésorerie. Le tableau 5.7 montre que le système mucuna est économiquement plus rentable que le système traditionnel. Ceci est d'autant plus vrai, si l'on admet que les principaux avantages intangibles surpassent les coûts intangibles. On compte parmi les avantages intangibles liés à la pratique du système mucuna : la facilité de la production agricole ; la prévention de la dégradation de la fertilité du sol et donc la promotion de l'agriculture durable ; la maintenance du niveau de la nappe phréatique à un niveau plus proche de la surface du sol ; et la disponibilité accrue de l'eau ; les opportunités d'emploi dues à l'accroissement des revenus ; l'impact sur le revenu régional ; l'amélioration de la santé de base, notamment grâce au progrès de la nutrition ; etc. Les coûts intangibles liés à la pratique du système mucuna sont minimes, on peut citer : les risques d'intoxication au cours de l'application d'engrais dans les parcelles. Ces risques peuvent être limités parce que de faibles doses d'engrais sont appliquées et les précautions à prendre dans leur application sont enseignées.

5.6 L'analyse coûts - avantages du système acacia par rapport au système traditionnel sur les sols ferrallitiques médiocres : résultats, analyses de sensibilité et discussions.

La figure 5.4 présente l'évolution de la valeur actuelle nette dans le système acacia en fonction de l'horizon temporel. Elle montre que les valeurs actuelles nettes obtenues dans le système acacia restent négatives et inférieures à celles obtenues dans le système traditionnel sur la période qui va de l'année d'installation au milieu de la troisième année, et positives et supérieures sur la période qui va de la troisième année à la dixième année.

Figure 20: VAN avec et sans acacia
Sols ferrallitiques médiocres, Zouzouvou



Source : nos propres estimations, 1994.

La figure 20 montre aussi que l'analyse économique dégage plus d'avantages que l'analyse financière basée sur la vision paysanne. A partir de ces tendances, on peut identifier des domaines de recommandation qui seront discutés après une analyse complète de la rentabilité économique.

Tableau 5.8 : La valeur actuelle nette (V.A.N) des marges de revenu additionnel entre le système acacia et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans.

		Taux d'actualisation (%)						
		12	35	44	67	107	170	
V.A.N en situation de référence (fcfa / ha)		3	4*	2	1	0	0	0
Analyse de sensibilité		La V.A.N en fcfa / ha						
variable	variation (s)							
Prix du maïs	+ 50 %	3	4*	2	1	0	0	0
coût de l'engrais	+ 100 %	3	4*	2	0	0	0	0
coût d'option	- 75 %	4	4*	2	2	2	1	1
	+ 100 %	1	3*	0	0	0	0	0
revenu d'option	+ 400 %	4	4*	4	3	2	1	0
coût du travail	- 100 %	3	3*	0	0	0	0	0
	+ 100 %	3	3*	2	2	1	0	0
Horizon temporel	20 ans	3	3*	2	0	0	0	0

Source : nos propres estimations, 1993. * = valeurs économiques;

0 = négatif ; 1 = ($0 \leq VAN < 25000$) ; 2 = ($25000 \leq VAN < 200000$) ;

3 = ($200000 \leq VAN < 400000$) ; 4 = ($VAN \geq 400000$).

Chiffre en gras = indique les seuils critiques (en dessous desquels la décision d'investir change) par rapport au taux d'actualisation dans la situation de référence et l'analyse de sensibilité.

Les tableaux 5.8, 5.9, 5.10 font le point sur la dynamique des indicateurs de rentabilité (à savoir la V.A.N, le T.R.I, et le R.A.N.I) du système acacia par rapport au système traditionnel. Ils sont utilisés pour analyser la marge additionnelle entre les deux systèmes.

Tableau 5.9 : Le taux de rentabilité interne (T.R.I) des marges de revenu additionnel entre le système acacia et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans.

Type d'analyse		financier	économique
T.R.I (%) en situation de référence		45	> 50
Analyse de sensibilité		Taux de rentabilité interne (%)	
variable	variation(s)		
Prix du maïs	+ 50 %	48	> 50
coût de l'engrais	+ 100 %	43	> 50
coût d'option	- 75 %	> 50	> 50
	+ 100 %	13	> 50
revenu d'option	+ 400 %	> 50	> 50
coût du travail	- 100 %	31	> 50
	+ 100 %	> 50	> 50
Horizon temporel	20 ans	43	> 50

Source : nos propres estimations, 1993.

Les principaux résultats au taux d'actualisation de 12 % sur une période de 10 ans sont: la V.A.N est largement positive et est plus élevée sur le plan social que sur le plan financier (tableau 5.8) confirmant ainsi la tendance des courbes montrant l'évolution des V.A.N dans la figure 5.4. Le taux de rentabilité interne (T.R.I) est de 45 % au plan financier et de plus de 50 % sur le plan économique. Le ratio avantages nets-investissements (R.A.N.I) financier est de 2,4 (point de vue de l'exploitant) et le R.A.N.I économique dépasse 5 (point de vue de la collectivité). Les valeurs de ces 3 indicateurs montrent que le système acacia est nettement plus rentable que le système traditionnel. A ce taux et pour cet horizon temporel, l'analyse de sensibilité faite dans les tableaux 5.8, 5.9, et 5.10 montre que les indicateurs de rentabilité financière sont principalement plus sensibles au coût d'option.

Tableau 5.10 : Le ratio avantages nets/investissement (R.A.N.I) des marges de revenu additionnel entre le système acacia et le système traditionnel dans un horizon temporel de 10 ans.

		Taux d'actualisation (%)						
		12	35	44	67	107	170	
R.A.N.I en Situation de référence		2,4	>5*	1,3	1	0,7	0,3	0,2
Analyse de sensibilité		R.A.N.I						
variable	variation(s)							
Prix du maïs	+ 50 %	2,8	>5*	1,4	1,1	0,7	0,4	0,2
coût de l'engrais	+ 100 %	2,2	>5*	1,2	1	0,6	0,3	0,2
coût d'option	- 75 %	>5	>5*	>5	>5	>5	>5	2,3
	+ 100 %	1	>5*	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1
revenu d'option	+ 400 %	6,8	>5*	3,9	3,3	2,1	1,2	0,6
coût du travail	- 100 %	1,8	>5*	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1
	+ 100 %	4,4	>5*	2,3	1,9	1,2	0,6	0,3
Horizon temporel	20 ans	1,4	>5*	1,1	1	0,8	0,5	0,3

Source : nos propres estimations, 1993. * = valeurs sociales. Chiffre en gras = indique les seuils critiques (en dessous desquels la décision d'investir change) dans la situation de référence et l'analyse de sensibilité.

Ils sont moins sensibles au coût calculé de la main-d'oeuvre et aux autres facteurs de l'analyse de sensibilité. En particulier, lorsqu'on considère toute la main-d'oeuvre comme étant rémunérée par le profit, les indices de rentabilité sont moins bons que ceux obtenus dans l'hypothèse de la rémunération de la main-d'oeuvre familiale comme un facteur de production. En effet, il en est ainsi parce que les coûts calculés de la main-d'oeuvre familiale pèsent lourdement sur le système traditionnel en

généralisant des désavantages qui accroissent l'écart entre les résultats des systèmes avec et sans acacia.

Sur le plan économique, les indicateurs sont meilleurs, quels que soient les changements prévisibles dans le prix du maïs, les coûts de production et l'horizon temporel.

Du reste, si le taux d'actualisation dans l'analyse financière est supposé égal au taux de rémunération marginale du capital financier investi dans les activités pratiquées en milieu paysan, on obtient respectivement (au taux de 35 %), d'après les résultats des tableaux 5.8, 5.9, 5.10, des V.A.N largement positives et des R.A.N.I supérieurs à l'unité⁶⁴ et ce, quels que soient les changements prévisibles dans le prix du produit, les coûts de production et l'horizon temporel. Pour les taux supérieurs à 35%, les V.A.N et les R.A.N.I indiquent que le système acacia n'est pas rentable à long terme; les T.R.I, par contre, nous donnent un seuil de rentabilité moyen de 45 % avec des fluctuations pouvant varier de 13 % à plus de 50 % selon les sensibilités examinées dans le tableau 5.9.

Le tableau 5.11 montre l'importance des revenus que le paysan qui pratique le système acacia transfère indirectement à la génération future⁶⁵. Le transfert de revenu sur la base d'un horizon temporel de 10 ans est de l'ordre de 238.000 fcfa / ha avec des possibilités de fluctuation pouvant aller de 90.000 fcfa / ha à 500. 000 fcfa / ha.

⁶⁴ sauf dans les situations où les coûts d'option augmentent de 100 % ou que les coûts de la main-d'oeuvre ne sont pas inclus dans les calculs de rentabilité.

⁶⁵ Les variables intangibles ne sont pas prises en compte dans ce calcul. Le transfert est obtenu en faisant la différence entre la V.A.N sociale et la V.A.N privée.

Tableau 5.11 : Transfert net de revenu agricole, du ménage-exploitant à la génération future, lorsque la pratique du système acacia est adoptée sur dix ans.

Transfert de revenu en situation de référence (fcfa)		238.985
Analyse de sensibilité		Transfert de revenu (fcfa / ha / 10ans)
variable	variation(s)	
Prix du maïs	+ 50 %	271.344
coût de l'engrais	+ 100 %	271.344
coût d'option	- 75 %	92.105
	+ 100 %	510.329
revenu d'option	+ 400 %	271.343
coût du travail	- 100 %	238.985
	+ 100 %	261.285
Horizon temporel	20 ans	344.928

Source: nos propres estimations, 1993.

L'importance du niveau de revenu transféré par hectare en 10 ans résulte en fait du taux de rentabilité interne très élevé supérieur à 50 % observé sur le plan de l'économie. Le niveau des transferts pourrait être majoré avec la prise en compte des avantages intangibles non négligeables discutés plus tôt dans la section 5.5 sur l'acacia

On peut enfin conclure que le système acacia est financièrement et économiquement rentable. Il nécessite cependant un délai de 3 ans pour récupérer les capitaux initialement investis. L'investissement initial est composé du coût d'achat des jeunes plants d'acacia, des dépenses de main-d'oeuvre nécessaires pour les planter et du coût d'opportunité de la parcelle abandonnée sous jachère acacia. Seuls les propriétaires-exploitants peuvent décider d'adopter le système acacia. Les métayers, les fermiers et ceux qui pratiquent l'agriculture sur des terres à modes de faire-valoir plus ou moins similaires⁶⁶, par manque de garantie foncière, n'adopteront sans doute pas ce système de conservation du sol.

⁶⁶voir le mode de faire-valoir dans le chapitre 3.

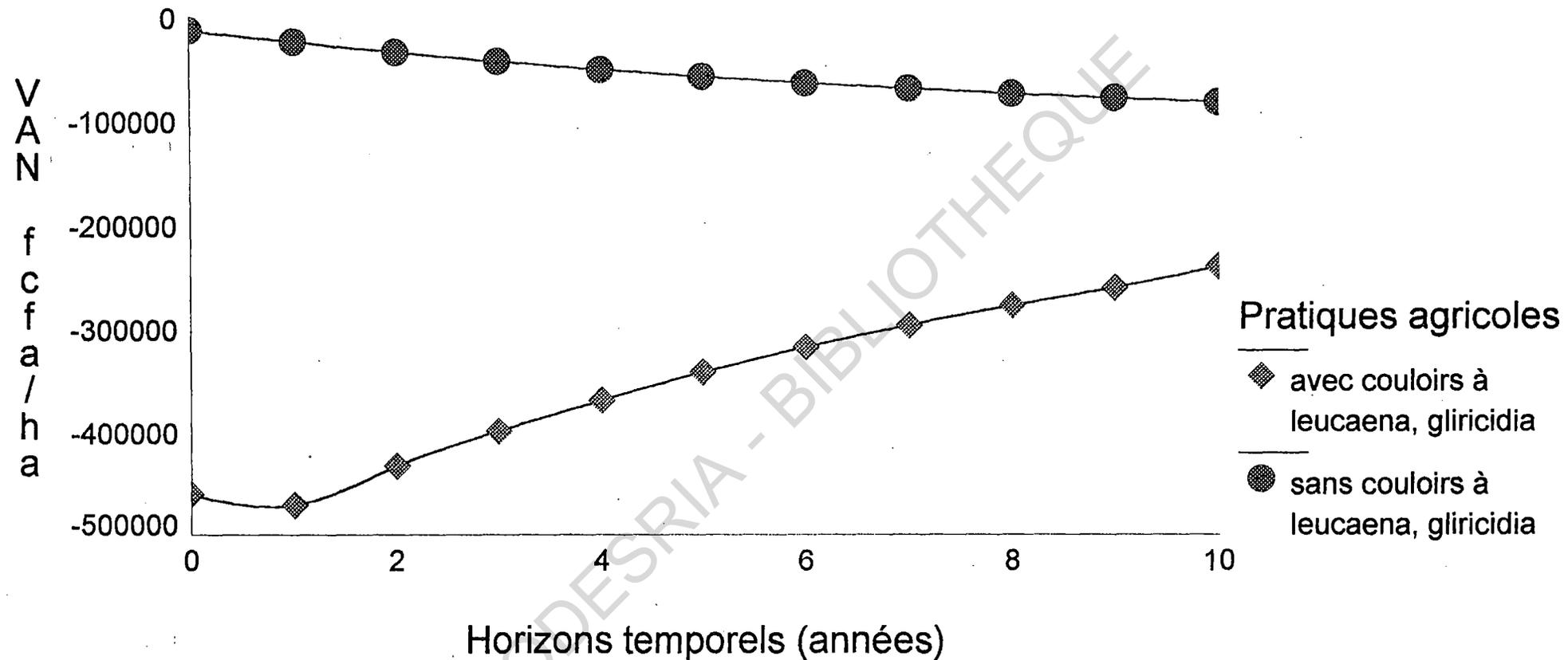
5.7 L'analyse coûts/avantages du système de culture en couloir à base de leucaena et de gliricidia par rapport au système traditionnel sur les sols ferrallitiques moyens: résultats, analyse de sensibilité et discussions.

La figure 21 présente l'évolution des V.A.N obtenues dans le système à couloir et dans le système traditionnel sur les sols ferrallitiques moyens en fonction de l'horizon temporel.

Elle montre que le système à couloir en milieu paysan et le système traditionnel sur sols moyens ne sont pas financièrement rentables. Les raisons sont : l'importance du coût d'option et des coûts exorbitants liés à l'achat des plants de leucaena et de gliricidia, et une demande accrue de main-d'oeuvre exigée par la rigueur à observer dans la gestion des couloirs et des haies. Il apparaît sur la figure 5.5 que le délai de récupération des fonds investis dans ce système excède 10 ans. En conséquence, ce n'est que sur les parcelles de tenure directe que le paysan peut l'adopter et sur la base de quelques incitations de politiques agricoles, par exemple une subvention.

La figure 21 montre aussi que les pentes des deux courbes sont de signes opposés. Le système de culture en couloir avec sa courbe de pente positive peut devenir intéressant si des mesures sont prises pour réduire le coût d'achat des plants de leucaena et de gliricidia. Il serait alors utile de faire une analyse de risque pour apprécier la sensibilité des indicateurs de rentabilité entre les systèmes avec et sans culture en couloir. Les tableaux 5.12, 5.13, 5.14 présentent respectivement les analyses de sensibilités sur la V.A.N, le T.R.I et le R.A.N.I.

Figure 21: VAN avec et sans couloirs
Sols ferralitiques moyens, Zouzouvou



Source : nos propres estimations, 1994.

Tableau 5.12 : La valeur actuelle nette (V.A.N) des marges de revenu additionnel entre le système de cultures en couloir et le système traditionnel sur un horizon temporel de 10 ans.

		Taux d'actualisation (%)					
		12	35	44	67	107	170
V.A.N en situation de référence (fcfa / ha)		0*	0	0	0	0	0
Analyse de sensibilité		V.A.N en fcfa / ha					
variable	variation(s)						
Prix du maïs	+ 50 %	0*	0	0	0	0	0
coût de l'engrais	+ 100 %	0*	0	0	0	0	0
coût d'option	- 75 %	2*	0	0	0	0	0
	+ 100 %	0*	0	0	0	0	0
revenu d'option	+ 400 %	2*	0	0	0	0	0
coût du travail	- 100 %	0*	0	0	0	0	0
	+ 100 %	0*	0	0	0	0	0
Horizon temporel	20 ans	0*	0	0	0	0	0

Source: nos propres estimations, 1993. * =valeurs financières et économiques; 1 = ($0 \leq VAN < 25000$); 2=($25000 \leq VAN < 200000$); 3 = ($200000 \leq VAN < 400000$); 4 = ($VAN \geq 400000$); 0 = négatif;

Chiffre en gras = indique les seuils critiques (en dessous desquels la décision d'investir change) par rapport au taux d'actualisation dans la situation de référence et l'analyse de sensibilité.

Le tableau 5.12 montre des V.A.N négatives qui indiquent que le système de culture en couloir n'est pas rentable au taux de 12 %. L'analyse de sensibilité indique qu' une réduction de 75 % du coût d'option permet d'obtenir des V.A.N largement positives au taux d'actualisation de 12 % et à peine positives au taux de 35 %. Le tableau 5.13 montre un T.R.I égal à 36 % et le tableau 5.14 un R.A.N.I entre 3 et

12 %. Ce qui peut amener à dire que le système de culture en couloir n'est pas rentable à des taux d'actualisation supérieurs à 12 %.

Les résultats financiers obtenus au taux d'actualisation de 12% coïncident par ailleurs avec les résultats économiques, lesquels ne tiennent pas compte des avantages nets intangibles dont on avait discuté dans la section concernant le *mucuna*, et qui sont aussi valables dans la technologie de culture en couloir.

Tableau 5.13 : Le taux de rentabilité interne (T.R.I) des marges de revenu additionnel entre le système de cultures en couloir et le système traditionnel sur un horizon temporel de 10 ans.

Valeur		financière
T.R.I (%) en situation de référence		4
Analyse de sensibilité		Taux de rentabilité internes (%)
variable	variation(s)	
Prix du maïs	+ 50 %	10
coût de l'engrais	+ 100 %	1
coût d'option	- 75 %	36
	+ 100 %	< 0
revenu d'option	+ 400 %	16
coût de la main-d'oeuvre	- 100 %	5
	+ 100 %	4
Horizon temporel	20 ans	4

Source: Nos propres estimations, 1993.

Tableau 5.14 : Le ratio avantages nets / investissement (R.A.N.I) des marges de revenu financier additionnel entre le système de cultures en couloir et le système traditionnel sur un horizon temporel de 10 ans.

		Taux d'actualisation (%)					
		12	35	44	67	107	170
R.A.N.I en Situation de référence		1*	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0
Analyse de sensibilité		R.A.N.I					
variable	variation(s)						
Prix du maïs	+ 50 %	0,9*	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
coût de l'engrais	+ 100 %	1*	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
coût d'option	- 75 %	3*	1	0,8	0,5	0,2	0,1
	+ 100 %	0,4*	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0
revenu d'option	+ 400 %	1,2*	0,5	0,4	0,2	0,1	0,0
coût du travail	- 100 %	0,7*	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0
	+ 100 %	1*	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0
Horizon temporel	20 ans	0,8	1	1	0,4	0,4	0,3

Source: nos propres estimations, 1993. * = valeurs économiques et financières. **Chiffres en gras** = indique les seuils critiques par rapport au taux d'actualisation dans la situation de référence et l'analyse de sensibilité.

Par ailleurs, lorsqu'on considère le revenu d'option réalisé sur les 4 parcelles assolées, au lieu de celui de la parcelle affectée à la production du maïs, aux calculs, les tableaux 5.12 et 5.14 montrent au taux de 12 % une V.A.N largement positive et un R.A.N.I égal à 1,2 ; le tableau 5.13 indique un T.R.I égal à 16 %; cette analyse du revenu d'option vient en complément car en se limitant strictement à la production parcellaire du maïs, on capte mieux l'effet de conservation du sol, cependant il y a

d'autres avantages liés aux productions parcellaires des autres cultures⁶⁷ supposées assolées avec le maïs selon la description initiale des systèmes de conservation du sol.

Les tableaux 5.12, 5.13 et 5.14 précédents montrent également que la plupart des activités non-agricoles en compétition avec l'agriculture traditionnelle dans le monde rural se montrent financièrement plus rémunératrices.

En somme, le système de culture en couloir n'est pas financièrement rentable en milieu paysan. Les principales causes sont les coûts élevés d'installation des haies de leucaena et de gliricidia, et le fait que les paysans ne pratiquent pas bien les méthodes de gestion des haies et des couloirs. Le délai nécessaire pour récupérer les investissements initiaux est plus de 10 ans. Tout cela fait de ce système, une technologie contraignante aux paysans ne détenant pas un droit de propriété sur les parcelles qu'ils exploitent.

Par contre, sur le plan économique, lorsqu'on considère les variables intangibles dans une optique d'analyse de long terme, peut retenir les deux hypothèses suivantes :

- La principale variable intangible du système traditionnel est le coût de la persistance de la dégradation du sol avec tous les effets qu'il engendre sur la vie de l'homme.
- alors que, celle du système de culture en couloir est l'avantage d'une amélioration suivie d'une stabilisation durable du niveau de la production agricole.

Le système de culture en couloir apparaît meilleur en terme de rentabilité sociale.. En conséquence, la réduction des coûts d'installation à travers, par exemple, le semis direct des graines de leucaena et de gliricidia en champ paysan ou bien la vulgarisation en milieu paysan de thèmes relatifs à l'auto-production et l'auto-gestion de pépinières de leucaena et de gliricidia peut améliorer les revenus et rendre ce système attrayant pour les propriétaires-exploitants et notamment ceux qui investissent

⁶⁷ nous rappelons que ces autres cultures sont des légumineuses et des tubercules dont les rendements ne reflètent pas le niveau de fertilité du sol.

aussi dans la production des caprins et des ovins. Mais dans ce dernier cas, une concurrence risque de se développer entre l'objectif de la conservation du sol et celui de la production animale ; ce qui renvoie à la question de la gestion optimale des haies et des couloirs qui permet d'atteindre simultanément les deux objectifs. Cette question peut être abordée dans les recherches futures.

5.8 Conclusion partielle

Les systèmes de jachère à base du mucuna et d'acacia sont financièrement et économiquement rentables à long terme sur les sols ferrallitiques médiocres.

L'investissement dans le système mucuna se fait chaque année et est inférieur au revenu de l'option, de sorte que le délai de récupération est nul. Du fait de son cycle végétatif annuel, le mucuna s'insère, même si ce n'est pas avec le même degré, dans tous les modes de faire-valoir des terres pratiqués dans le monde rural.

L'investissement dans le système acacia est récupéré trois ans après la plantation de la jachère et précisément à la première année d'exploitation agricole. L'acacia est une plante forestière productrice d'azote biologique fertilisant, de bois d'oeuvre et de bois de feu. Ce système s'adapte davantage à la tenure directe des terres.

Le système de culture en couloir n'est pas financièrement rentable à long terme en milieu paysan. La rentabilité est d'autant plus basse que le degré d'adaptation du paysan, aux méthodes de gestion des couloirs et des haies, est médiocre. Il existe une différence de gestion entre la station (le chercheur) et la ferme (le paysan) ; par exemple l'émondage, le paillage et leurs fréquences par cycle cultural, le nombre de sarclages nécessaires, la date de récolte⁶⁸, les précautions prises pour limiter les pertes au cours de la récolte sont autant de variables qui induisent une différence

⁶⁸ Parfois en station, la récolte a lieu à la maturité physiologique de la culture du maïs, et, ensuite elle est ajustée au taux d'humidité constant ; ainsi les rendements sont surestimés par rapport au milieu réel à cause des pertes dues entre-temps aux attaques par les insectes, les oiseaux et les rongeurs.

sensible entre les rendements observés entre la station et le milieu réel. Une des causes de la faible rentabilité est le niveau élevé des coûts de plantation du leuceana et du gliricidia. Il faut donc chercher à réduire autant que possible ces coûts, si l'on désire que le paysan perçoive cette technologie comme une pratique agricole rentable par rapport au système traditionnel. On pourra ainsi réduire le délai de récupération de l'investissement initial qui s'élevait à plus de 10 ans. Toutefois, la nature arbustive du leuceana et du gliricidia suscitera une résistance des exploitants non propriétaires à l'égard de son adoption. Enfin, il a le mérite de générer des avantages intangibles considérables sur le plan agro-écologique et économique; lesquels doivent être pris en compte dans les décisions de politique agricole dans une vision globale de la société.

Du côté des risques financier et économique, relativement par rapport au système traditionnel, les analyses de sensibilité ont montré que le système mucuna est le moins risqué, ensuite viennent le système acacia suivi du système de culture en couloir.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

6. CONCLUSION GENERALE ET IMPLICATIONS EN TERME DE POLITIQUES DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE

6.1 Le rappel des objectifs et des hypothèses de recherche.

La baisse persistante de la fertilité du sol constitue un problème majeur qui affecte la productivité et la rentabilité des systèmes d'exploitation agricole dans le département du Mono. L'objet de cette étude est de faire une analyse coûts-avantages des systèmes de conservation et de préservation du sol sur les terres ferrallitiques du département du Mono. L'objectif principal est de comparer les avantages et les coûts engendrés par la pratique traditionnelle de conservation du sol, principalement le système agro-forestier Adja actuel, avec les avantages et les coûts auxquels on peut s'attendre suite à l'introduction de technologies alternatives de conservation du sol. Celles-ci sont :

- le système mucuna qui intègre dans un assolement cultural une jachère à base du mucuna ;
- le système acacia qui est un assolement cultural après une jachère, à base d'acacia, reconvertie en couloir ;
- enfin, le système de culture en couloir qui associe la rotation culturale et culture en couloir à haies plantées de leucaena et de gliricidia.

Les objectifs spécifiques ont été atteints dans cette étude.

- premièrement on a comparé la rentabilité financière, dans le court terme, des exploitations agricoles, qui utilisent les méthodes traditionnelles de conservation des sols à celle des exploitations agricoles sur lesquelles les méthodes améliorées ont été introduite.
- Deuxièmement, on a quantifié les taux de dégradation des sols et les pertes de rendement qui en résultent dans le système agro-forestier à base du palmier à huile et les systèmes améliorés de gestion des sols.
- Troisièmement, on a déterminé les avantages financiers supplémentaires nets pouvant être attribués aux nouvelles pratiques, dans le long terme.

- Quatrièmement, on a déterminé les avantages économiques nets pouvant être attribués aux nouvelles pratiques.
- Cinquièmement, on a évalué les caractéristiques de risques physiques et la sensibilité des résultats obtenus de l'analyse de rentabilité.

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses testées étaient :

- l'adoption des pratiques de conservation des sols est financièrement rentable à court terme au niveau de l'exploitation.
- les taux de dégradation et les pertes de rendement sont plus importants dans les systèmes traditionnels de gestion des sols que dans les systèmes améliorés.
- à long terme, l'adoption des pratiques de conservation des sols est financièrement et économiquement plus rentable que le système traditionnel.
- les nouvelles pratiques stabiliseront le rendement physique et économique comparativement à la pratique traditionnelle fondée sur le palmier à huile.

6.2 La conclusion générale.

6.2.1 Le système traditionnel.

La pratique agricole traditionnelle est caractérisée par une prédominance de la main-d'oeuvre familiale, l'utilisation d'outils rudimentaires comme la houe et le coupe-coupe, des modes de tenure directe et indirecte du sol et des rendements physiques, financiers et économiques pour la plupart médiocres.

Les impacts du système sur l'écologie, sur les rendements et sur les revenus sont alarmants. La fertilité du sol baisse continuellement ; les rendements du maïs sont faibles et varient entre 400 et 700 kg / ha selon que le niveau de fertilité du sol est médiocre ou moyen. Le revenu net estimé sur la base des coûts calculés du travail familial est négatif et le taux de dégradation moyen annuel du sol varie de 3,4 à 7,1 tonne par hectare, soit en moyenne 0,3 mm de sol érodé par an.

Les perspectives à long terme sont encore plus inquiétantes. On prévoit, d'ici la fin de la décennie 2010, que sur les sols ferrallitiques médiocres, les rendements moyens de maïs seront nuls si le paysan persiste dans sa pratique traditionnelle. L'implication directe sur le monde rural est l'émergence de la famine et des maladies,

lesquelles vont s'aggraver avec la fréquence des aléas du climat et du marché mondial.

6.2.2 Les systèmes de jachère améliorée et leur rapport avec le système traditionnel.

Pour inverser les tendances négatives du système agricole traditionnel, les systèmes améliorés de conservation du sol doivent être introduits sans retard.

Pour ces systèmes, l'analyse des avantages dominants (Perrin, 1976) et l'analyse marginale ont révélé que les traitements basés sur la variété hybride NH2 de maïs et l'application de 100 kg / ha d'engrais NPK_(14,23,14) sont financièrement plus rentables par rapport au système traditionnel. L'analyse économique des avantages et des coûts additionnels a montré que les systèmes améliorés de conservation du sol sont nettement préférables au système traditionnel surtout avec les variables intangibles.

6.2.2.1 Le système mucuna.

Il permet, après une année de jachère sur un sol ferralitique médiocre, d'accroître 3 à 5 fois le niveau de rendement physique du maïs lorsque la pluviométrie enregistrée est assez bonne (en moyenne 1000 mm de pluie assez bien répartie dans le temps et dans l'espace). Il en résulte un revenu net positif et un taux de rentabilité marginale supérieur à ceux des capitaux investis dans les activités extra-agricoles exercées dans la région. La caractéristique fondamentale de l'investissement dans le système mucuna est l'obtention chaque année d'un flux de trésorerie positif, de sorte que l'analyse coûts-avantages donne d'assez bons indicateurs de rentabilité. En effet, l'investissement a lieu tous les ans et sa récupération se fait sans délai avec une marge substantielle d'avantages financiers et économiques.

Sur la base des données de la production agricole enregistrées pendant plusieurs années sur des parcelles géographiquement bien dispersées, l'analyse de dominance stochastique a montré que le système mucuna a des caractéristiques de risque préférables à celles du système traditionnel. Le test de Kolmogorov-Smirnov a montré que les répartitions cumulatives des rendements physiques sont significativement différentes lorsque l'on compare les deux systèmes, et que par conséquent, on peut avoir une certaine confiance en ces résultats.

Au plan des contraintes socio-économiques, le système mucuna est compatible avec tous les types de modes de tenure foncières, à savoir les formes d'héritage, d'achat, de fermage et de métayage. Toutefois, le niveau de compatibilité

est plus élevé avec les formes directes de tenure foncière (héritage et achat).

6.2.2.2 Le système acacia.

Le système acacia donne après trois ans de jachère, sur sol ferrallitique médiocre, un rendement par hectare de maïs de 3 à 5 fois plus élevé que celui obtenu dans le système traditionnel, et ce lorsque la pluviosité est assez bonne. Le capital investi est récupéré immédiatement après la jachère, c'est-à-dire à la première année d'exploitation. Cette prompte récupération de l'investissement est principalement due aux revenus d'option correspondant au prix de revient des bois-d'oeuvre et des bois de feux issus de l'acacia. L'analyse marginale a montré que le système acacia est plus rentable que bon nombre d'activités extra-agricoles concurrentes de l'agriculture. De même l'analyse coûts-avantages a donné des indicateurs de rentabilité assez robustes par rapport au système traditionnel.

Sur les mêmes bases que précédemment, l'analyse de dominance stochastique et le test de Kolmogorov-Smirnov ont donné des résultats similaires. Le système traditionnel est dominé par le système acacia par la dominance stochastique du premier degré. En conséquence, le système acacia sera préféré même par les paysans qui ont de l'aversion contre le risque comme c'est le cas dans le système mucuna.

Le système acacia est compatible uniquement avec les modes de tenure directe de la terre comme les formes d'héritage et d'achat de terre. Toutefois la compatibilité sera plus élevée avec l'héritage partagé et l'achat définitif de la terre, c'est-à-dire avec un droit d'usus et d'alienus à durée infinie sur la terre. Le délai de récupération de 3 ans pourrait gêner les paysans qui ne disposent pas d'assez de terre. Or 71 à 81 % des exploitations agricoles, selon les villages, sont sous ces modes de tenure. Par conséquent, l'adoption en masse de ce système doit être subordonnée à une intervention de l'Etat telle qu'une réforme du droit foncier coutumier, ou par des incitations à travers des formules de subventions ou de crédit.

6.2.2.3 Le système de culture en couloirs.

Le système de culture en couloir à haies de leucaena et de gliricidia est rentable à moyen terme, mais n'est pas rentable à court et à long terme, en milieu paysan Adja, lorsqu'on le compare au système traditionnel sur les terres ferrallitiques moyennes, en condition d'une assez bonne pluviosité. La principale cause est

l'importance du coût de plantation des haies¹ et le manque de rigueur dans la gestion paysanne des couloirs et des haies. Les analyses de sensibilité ont révélé que les indices de rentabilité sont les plus sensibles aux coûts d'option. Ainsi la réduction des frais de plantation par un semis direct du leucaena-gliciridia ou bien par l'auto-production des pépinières rentabilise à court et à long terme le système en couloir par rapport au système traditionnel. Contrairement au système acacia, ce système a l'avantage de permettre la production agricole à partir de l'année d'installation des haies. Cependant ce n'est que deux ans après l'année d'installation que le rendement obtenu sous la gestion paysanne devient stable et significativement plus élevé que celui réalisé dans le système traditionnel servant de témoin.

Au plan des caractéristiques de risque, le système de culture en couloir est dominé par le système traditionnel par le deuxième degré de dominance stochastique. Par conséquent, il ne pourrait intéresser que des paysans indifférents au risque.

Enfin la principale contrainte socio-économique de ce système est sa compatibilité limitée avec les modes de faire-valoir directs des terres. Si le paysan doit aussi acheter les plants de leucaena et gliciridia dans les pépinières, il lui faudra plus de 10 ans pour récupérer son investissement initial, ce qu'il ne fera certainement pas. Mais, si au contraire, les frais de plantation se trouvaient réduits par l'introduction du semis direct ou de l'auto-production des pépinières des leucaena et gliciridia, le délai de récupération se réduirait à 3 ans. Dans ces conditions, le système aurait des chances d'être adopté par les propriétaires-exploitants.

Toutefois, entre les deux systèmes agro-forestiers étudiés, le système acacia se montre le plus rentable et le moins risqué. La jachère acacia transformée en couloirs avec l'addition de plants de leucaena et gliciridia, serait préférable au système de culture en couloir sans jachère proprement dite au regard des analyses de rentabilité et de risque.

6.3 Recommandation générale.

Sur les terres ferrallitiques, les systèmes mucuna et acacia sont préférables sur les plans financier, économique et par rapport aux caractéristiques de risque de ces systèmes.

La pratique du système mucuna est recommandée généralement quel que soit le mode de faire-valoir de la terre. Cependant elle est spécifiquement recommandée

¹ densité des haies: $20 * (100 * 8) = 16000$ plants par hectare.

sur les parcelles exploitées sous un mode de faire-valoir indirect comme par exemple le métayage, le fermage, le contrat palmier et le prêt.

Elle est également indiquée sur les parcelles en propriété exploitées par des paysans ayant des possibilités financières limitées.

Le système acacia est recommandé sur les parcelles sous mode de faire-valoir direct. Il produit en particulier des revenus secondaires issus de la vente des bois d'oeuvre d'acacia.

6.4 Implications en terme de politiques de développement.

Dans cette section, nous discutons les implications par rapport aux systèmes d'informations sur les prix agricoles, les politiques de crédit et d'approvisionnement en intrants, les politiques de subvention, les priorités en terme de politiques de développement rural, les politiques susceptible de promouvoir la condition de la femme. en direction des conditions du genre féminin et les politiques d'incitation à la production des pépinières d'acacia, de leucaena et de gliricidia par le paysan.

6.4.1 Politiques de prix.

6.4.1.1 Système d'information sur les prix.

L'un des résultats principaux de notre étude est la rentabilité élevée dans les systèmes mucuna et acacia. Ce niveau de rentabilité est directement lié à un accroissement de la production agricole et donc à une probabilité plus élevée de vente des produits agricoles sur le marché. Dès lors, le paysan aura besoin d'avoir des renseignements sur la situation de l'offre et de la demande sur les autres marchés, avant de quitter sa maison pour se rendre sur son point de vente. Or le paysan n'a, en général, aucune information sur les prix, ce qui peut entraîner des pertes considérables s'il écoule une grande quantité de ses produits sur le marché. Par conséquent, il serait important, en terme de politiques d'accompagnement de l'adoption des nouvelles technologies, que l'Etat mette en place un système d'information des paysans sur les prix agricoles de la région. Les services d'agriculture peuvent par le truchement de leurs agents d'encadrement jouer efficacement ce rôle. Un système d'information efficace permet au paysan de choisir le meilleur marché et les meilleurs périodes de commercialisation si les quantités de produits à vendre parviennent à couvrir les coûts de transport et de stockage.

6.4.1.2 Politique de crédit.

Le marché financier rural est dominé par l'informel et le taux d'intérêt pratiqué est un taux usuraire. Parallèlement à ce marché informel, Il existent aussi dans le milieu rural, un marché formel : la caisse de crédit agricole mutuel (CLCAM) qui est une caisse para-publique mais où, seuls les membres adhérents peuvent y obtenir des prêts. Les rares paysans adhérents que nous avons interrogé dans le village d'Eglime ont tous marqué leur satisfaction pour le taux d'intérêt de 30 % pratiqué par la caisse. En effet ce taux est modeste lorsqu'on le comparé au taux usuraire variant de 100 à 300 %. Comme l'adoption de certaines pratiques nouvelles (par exemple le système acacia) nécessite au départ quelque moyens, beaucoup de paysans voudront recourir au crédit s'ils en trouvent à un taux raisonnable comme celui de la CLCAM. Mais malheureusement la majorité des paysans manquent d'informations détaillées sur les conditions d'admission en tant que membre de la caisse . Encore ici on suggère une politique de développement plus actif du système d'information sur le taux d'intérêt et les avantages à être membre d'adhérer à la CLCAM restructurée.

6.4.1.3 Politiques d' approvisionnement en intrant.

Les traitements dominants identifiés dans l'étude demandent une application minimale d'engrais minéral. Certains paysans peuvent être réticents à l'appliquer si déjà la nouvelle technologie sans aucun traitement dégage un surplus. On suggère un programme de subvention à taux dégressif pour pouvoir lancer, au départ, le plus grand nombre de paysans, vu l'état alarmant du degré de dégradation des sols. L'octroi des subventions en direction l'approvisionnement des semences ou des plants d'acacia ou de légumineuses ligneuses de couloirs viendra aussi à point nommé.

6.4.2 Priorité en matière de politiques de développement rural.

En matière de politiques de développement rural, la principale priorité de l'Etat du Bénin est la sécurité alimentaire. En ce sens les résultats de la présente étude impliquent que l'Etat encourage le développement des systèmes de jachère améliorée afin d'accroître et de stabiliser durablement les rendements agricoles. Cependant l'Etat devra accomplir certaines actions, par exemple contribuer au développement et à l'entretien des routes rurales afin de faciliter la commercialisation du surplus agricole, qui pourrait être le résultat de l'adoption des systèmes de jachère améliorée. De telles actions permettraient également de désenclaver les zones de production inaccessibles. L'Etat devra également mener une politique de vulgarisation active portant sur les systèmes de conservation rentables, en réponse au niveau, déjà avancé, de la dégradation actuelle des terres dans la région. Enfin il est important que des actions soient dirigées dans le sens de l'adéquation des méthodes et moyens de stockage des grains aux nouvelles possibilités de production.

6.4.3 Politiques de promotion de la femme.

Les résultats de l'étude ont montré l'importance quantitative et qualitative de la contribution de la femme au développement rural dans le Mono. Si les technologies étudiées sont adoptées, les résultats physiques et financiers qui en découleraient en seraient davantage le fruit des efforts de la femme que de celui de l'homme (qui n'est pas, lui, non plus négligeable). Les systèmes de jachère à acacia ou de culture en couloir, du fait de leurs possibilités de production du bois de chauffe et de biomasse, vont intéresser les femmes, car de telles productions vont alléger leurs activités domestiques (la recherche de bois de feu, l'élevage des caprins). Ce qui permettra de limiter les prélèvements importants de bois en forêt. Il en résulte que les femmes doivent être informées des avantages liés à la pratique de ces systèmes sur leur mode de vie. Elles doivent aussi bénéficier d'un accès égal à celui de l'homme au foncier, au crédit, à la formation et à l'information technique et économique.

6.4.4 Politiques d'incitation à la production des pépinières d'acacia, de leucaena et de gliricidia.

On suggère que les services de l'agriculture multiplient leurs actions dans le sens de la formation des paysans dans la production de pépinières d'acacia, de leucaena et de gliricidia. Sur cette base, le système de culture en couloir pourrait être recommandé aux propriétaires-exploitants agricoles, sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne.

6.4.5 Politique en direction de la planification familiale.

On suggère que les programmes de planification familiale au niveau des villages soient plus dynamiques, en raison de la croissance démographique sur la régradation des sols. Une telle action de la part du gouvernement permettra de mieux gérer la pression de la population sur les terres agricoles et favoriser un bien-être durable.

6.4.6 Suggestions en terme de priorités de recherches et d'actions pour l'avenir.

6.4.6.1 Adéquation de la tenure foncière aux systèmes agro-sylvo-pastorales.

On préconise que des investigations futures puissent s'orienter vers la recherche de formules novatrices de réforme de tenure foncière capable de réduire ou de supprimer les modes indirects de faire-valoir des terres. Pour les agriculteurs-éleveurs, le système de culture en couloir se révèle particulièrement intéressant. Il permet d'atteindre simultanément les objectifs de croissance des productions agricole et animale. La concurrence entre les deux types de production pose cependant la question de la répartition optimale de la quantité des émondes, provenant de l'entretien des haies, entre la conservation du sol et la production animale.

6.4.6.2 Suivi à long terme des données économiques et des bilans minéraux dans les systèmes de jachère améliorée par le projet-RAMR et le CE.N.A.P.

Dans le cadre de la poursuite des recherches économiques sur les systèmes de jachère améliorée nous suggérons que le projet-RAMR identifie parmi les répétitions de parcelles expérimentales en milieu réel quelques unes ; joindre les 8 parcelles contenues dans une répétition pour en faire une seule ; Y appliquer le traitement dominant qui résulte de l'analyse faite dans cette étude et qui consiste à utiliser la variété hybride de maïs et à appliquer une dose de 100 kg/ha de $NPK_{(14/23/14)}$ (ici nous suggérons plutôt 70 kg/ha d'engrais $PK_{(23,14)}$ au lieu de 100 kg/ha de $NPK_{(14/23/14)}$). Ces parcelles doivent être suivies sur une durée allant de moyen à long terme. Ce suivi régulier portera sur la collecte des données économiques telles que : les temps de travaux relatifs aux façons culturales, les rendements du maïs, et les coûts de production. Une telle action permettra de faire à l'avenir une analyse coûts-avantages rétrospective . Cette approche permet aussi une connaissance approfondie du comportement des jachères améliorées en milieu réel tant sur le plan financier que sur le plan technique.

Sur le plan pédologique, il serait souhaitable que des bilans minéraux soient périodiquement établis sur les systèmes de jachère améliorée.

6.4.6.3 Action sur le plan macro-économique.

Dans le cadre de construction d'une matrice d'analyse de politique économique (PAM) pour la conservation du sol au Bénin à partir de systèmes agro-sylvicoles ou agro-sylvo-pastoraux, nous suggérons que des études portent sur l'estimation du prix économique du maïs. Le maïs est un produit échangeable au Bénin. En effet le Bénin exporte du maïs par des voies formelles (le commerce triangulaire entre le Bénin, le Niger et le Tchad, l'exportation vers le Sénégal) et informelle (commerce avec le Nigéria) ; Il en importe du Nigéria (informel). Cependant, le volume enregistré de ces échanges est mineur et figure rarement dans les statistiques. Une telle estimation facilitera la construction du PAM environnemental qui permettra de mesurer les effets des politiques macro-économiques, sectorielles, et des imperfections du marché sur la conservation des sols.

6.4.6.4 Recherche sur la situation des femmes.

Une recherche sur la gestion des ressources foncières en matière de la cueillette des bois de feu par les femmes rurales en vue de satisfaire les besoins d'alimentation et de revenus, permettrait d'évaluer l'impact sur la dégradation des sols, et les contributions économique et écologique que pourront apporter l'adoption de pratiques agro-sylvicoles éventuelles. /.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

REFERENCES

Abel, N.O.J. et Blaikie, p., 1989. Land degradation, stocking rates and conservation policies for the communal rangelands of Botswana and Zimbabwe, Land degradation and rehabilitation, Londres, Overseas Development Institute.

Afolabi-Falola et coll., 1984. Fuelwood in contemporary Kano. 27th Annual Conference of th Nigerian Geographical Association, 25-27 March 1984, Nsukka.

Ahlchrona, E. 1988. The impact of climate and man on land transformation in central Sudan: applications of remote sensing, Meddelanden fran Lunds Universitets Geografiska institutioner, Avhandlingar 103.

Anderson, D., 1989. "Economics aspects of afforestation and soil conservation project". Schramm G. and J. Warford, Environment Management and Economic Development, Johns Hopkins University Press.

Anderson, Jock 1974. " Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research". Review of marketing and agricultural economics, 42 (3) 1974, p. 131-184.

Anderson, J. R., J. L. Dillon, and B. Hardaker 1977. Agricultural decision analysis. 1st ed., the Iowa State University Press. Iowa.

Ancy, G 1968. Les notions d'activités et d'actifs à l'intérieur d'une exploitation agricole: problèmes pratiques et théoriques soulevés par leur définition, office de la recherche scientifique et technique outre-mer, Bassam, Côte-d'Ivoire.

Azontonde, H. A. 1988. Conservation du sol et des eaux au Bénin : Bilan des actions passées, perspectives. Communication présentée lors de la 9^{ème} réunion de corrélation des sols. Cotonou, Bénin.

Barbier, E.B. 1988. The economics of farm-level adoption of soil conservation measures in the Upland of Java. World Bank, Washington, DC, environment department working paper, No11.

Babier, E., A., Markandya, and D., Pearce, 1990. "Sustainable agricultural development and project appraisal". *European review of agricultural economics*, 17, 181-196.

Balasubramanian, V. & A. Egli 1986. "The role of agroforestry in the farming systems in Rwanda with special reference to the Bugesera-Gisaka-Migongo(BGM) region". *Agroforestry systems* 4:271-289.

Banque Mondiale, 1992. *Rapport sur le développement dans le monde : Le développement et l'environnement*. Washington, D.C.

BDPA, 1985. *Rapport générale en 1985 du Projet de développement rural de la province du Mono*. Ministère du développement rural, Cotonou, Bénin.

Biaou, G. 1991. *Regime foncier et gestion des exploitations agricoles sur le plateau Adja (Bénin)*. Thèse de doctorat de 3ème Cycle en Economie Rurale, Abidjan: Université Nationale de Côte d'Ivoire.

Bishop J., and J. Allen 1989. *The on-site cost of soil erosion in Mali*. Environment department working paper N°21, World Bank, Washington D.C.

Bojö, Jan (1986). *An introduction to cost-benefit analysis of soil and water conservation projects*. Southern African Development Coordination Conference (SADCC) coordination unit, Maseru, 1986.

Brown M.L., 1979. *Farm budgets : from farm income analysis to agricultural project analysis*. World bank staff occasional papers Nr. 39. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.

Burt, O.R. 1981. "Farm level economics of soil conservation in the palouse area of the Northwest". *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 63 No. 1, pp 83-92.

CARDER -Mono. *Plans de campagne agricole 1988-1989, 1989-1990, 1990-1991, 1991-1992, 1992-1993*. Ministère du développement rural et de l'action coopérative. République populaire du Bénin.

CARDER-Mono, 1992. *Rapport sur le dénombrement des ménages et des exploitations agricoles dans cinquante quatre villages du Mono*. Ministère du développement rural et de l'action coopérative, Bénin.

CARDER-Zou, 1990. *Plan de campagne agricole 1989-1990*. Ministère du développement rural et de l'action coopérative. République populaire du Bénin.

CE.N.A.P, 1983,1986. Etude pédologique de la province du Mono. Institut national de recherche agricole du Bénin (INRAB). Bénin.

Cochrane, H.C. et P.C. Huszar 1988. "Assessing economic benefits of soil conservation : Indonesia's upland model farm program" in Moldenhauer N.W. and N. Hudson (ed.), conservation farming on steep slopes. Soil and water conservation society of america press, Ankeny, IA, PP. 93-106.

Cochran, Mark. Stochastic dominance : the state of the art in agricultural economics," dans Risk analysis for agricultural production firms : concepts, information requirements, and policy issues. Actes de la réunion annuelle du projet régional S-180, département d'économie agricole, Université de l'Etat de Washington, 1986.

CTFT, 1979. Conservation des sols au sud du Sahara. 2ème éd., CTFT, Ministère de la coopération, Rép. Française, Paris.

CIMMYT, 1988. From agronomic data to farmer recommendations : An economics training manual. completely revised edition. Mexico, D.F.

Dègla, P., 1986. Etude de la formation, de la structure et de l'importance du revenu extra-agricole dans le ménage paysan, étude de cas de trois villages sur le plateau Adja (Province du Mono, Bénin). Thèse d'ingénieur agronome, université du Bénin, université d'Ibadan, 1986.

Delwaille, J.C. 1973. Résultats de six ans d'observations sur l'érosion au Niger. Bois et Forêts des tropiques, No. 150.

Deuson, R. et al. 1983." A case Study of new technology in Farmers' fields, with emphasis on plant Drills for wheat in 1982/1983, Publication No.71". Consortium for International Development, 1983.

Dillon, C. R. 1993. "Advanced breakeven analysis of agricultural enterprise budgets (Fayetteville, AR, USA)". Journal of the International Association of Agricultural Economists, vol. 9, No. 2, August 1993.

Dillon, J. L., and J. R. Anderson (1990). The analysis of Response in crop and livestock production. 3rd. ed., Pergamon Press.

Dissou, M. 1983 . La palmeraie béninoise : exploitation traditionnelle et aménagement volontaire, Tome 1 .Thèse de doctorat en géographie humaine. Paris : Université de Paris 10.

Eicher, C. K. et C.D. Baker, 1984. Etude critique de la recherche sur le développement en Afrique Subsaharienne. CRDI. Manuscript Report no. 100F, Ottawa.

Ehui et al, 1990. A conceptual Framework for evaluating the sustainability and economic viability of cropping systems in sub-saharian Africa, IITA, Ibadan, Nigeria.

El Swaify, S.A., W.C. Moldenhauer and A. LO, 1985. "Soils erosion and conservation". Ankeny (ed.) Soil Conservation Society of America, 1985

Eric, W.C, 1982. A simulation study of constraints on Traditional Farming Systems in Northern Nigéria, IPD N°2.

Elwell, H.A. 1971. Erosion research program, Rhodesia. Departement of conservation and extension.

Elwell, H.A. et M.A. Stocking 1982." Developing a simple yet practical method of soil loss estimation". Tropical Agriculture 61 (2).

Lutz, E., S. Pagiola et C. Reiche. 1994."The cost and benefit of soil conservation : The farmer's viewpoint". The World Bank research observer, vol 9 (2) juillet 1994.

FAO, 1983. Guidelines for the control of soil degradation. Rome, Italy.

FAO, 1990. Rapport annuel sur le Bénin de la mission résidente.

FAO, 1992. Rapport annuel sur le Bénin de la mission résidente

Gillis et coll., 1990. Economie du développement. éd. universitaire, nouveaux horizons, Paris.

Gittinger, 1982. Economic Analysis of Agricultural projects, agricoles. Johns Hopkins University press, Baltimore.

Grouzis, M., 1990. Dynamics of sahelian ecological systems: the case of Oursi pond, Burkina-Faso. Contribution à la réunion technique sur le développement des savanes et la production de pâturage; secrétariat du commonwealth.

Hailey, L. 1938. An African survey, Oxford: Oxford University press.

Harrison, P. 1987. The greening of Africa, breaking through in the battle for land. London, Paladin/Earthscan.

Hicks, C. R. 1982. Fundamental concepts in the design of experiments. 3rd. ed., Saunders College Publishing.

Hudson, N.W. 1991. A study of the reasons for success and failure of soil conservation projects. Soils bulletin, 64, Rome: FAO. 65p.

I.I.T.A, 1989. Resource and crop management program annual report 1987. Ibadan, Nigeria.

IITA, 1992. La recherche à l'IITA, numéro-4 Mars 1992.

Kang, B. T., 1992. Agroforesterie durable pour les tropique : concepts et exemples. Guide de recherche de l'IITA No.26. IITA, Ibadan, Nigeria.

Kang, B. T. et coll. 1986." La culture en couloir adaptée à la production de cultures vivrières dans les régions tropicales humides et subhumides" dans la culture en couloir dans les tropiques humides et subhumides (compte rendu atelier international tenu à Ibadan, Nigéria, du 10 au 14 mars 1986).

Kay R. D., 1986. Farm management : planning, control, and implementation. Second edition, McGraw-hill book edition, Singapore.

Kops, A. 1992. The economic implications of natural resource in Bénin, Ministère de l'environnement et de l'habitat et de l'urbanisme, Rép. du Bénin.

Kotschi j. et coll. 1990. Ecofarming in agricultural development. Ed. GTZ , Eschborn

Lal, R. 1987a." Managing the soils of Sub-Saharan Africa". Plant Science, Vol. 236 (29 / 5 / 87), pp. 1069-1076.

Lal, R. 1987b." Effects of erosion on crop productivity".Critical Review in Plant Sciences, Vol. 5, Issue 4, pp. 303-367.

Lind, R.C. 1993. "Eléments du calcul du coefficient d'actualisation en analyse coûts-avantages". Sous la direction de Gauthier (G.) et Thibault (M.) L'analyse coûts-avantages: Défis et controverses , ed. economica. pp165-222.

Lowenberg-Deboer, 1993. Rapport sur le choix de méthodes d'analyse en matière d'économie de la production agricole (non publié).

Lowenberg-Deboer et coll., 1992. Rapport sur les caractéristiques de risque des technologies mil-niébé testées en milieu réel à Maïguéro et Rigial Obandawaki. Institut National de Recherches Agronomiques du Niger. Document No.27 F.

Ludwig, H.D. 1967. Ein Sonderfall Tropischer Bodennutzung im Raum des Viktoria-Sees. Institut für Wirtschaftsforschung Afrika-Studien Nr.22 München Weltforum.

McConnell, K.E., 1983. "An economic model of soil Conservation". American Journal of Agricultural economics, Vol.65, No.1, pp 83-89.

MDRAC, 1989. Rapport de fin d'année, Cotonou, République du Bénin.

MDRAC, 1991. Rapport de fin d'année, Cotonou, République du Bénin.

Magrath, W. and P. Arens (1989). The cost of soil erosion on Java : a natural resource accounting approach. Environment departement working paper No. 18, World Bank, Washington, D.C.

Ministère de la coopération Française, 1990. Mémento de l'agronome. Collection techniques rurales en Afrique. , 5ème éd.

Napier, T.L., 1990. "Conservation of soil resources in semiarid regions : social, economic and institutional considerations". Soil quality in semiarid agriculture, ed: J. Steward, pp. 109-121.

Mulongoy, K. et I. Akobundu 1992. "Avantages agronomiques et économiques de l'azote fourni par les légumineuses dans les systèmes de paillis vivants et de culture en couloir". La recherche à l'IITA No4.

Nganbeki, D.S. 1985. "Economic evaluation of alley cropping leucaena with maize-maize and maize-cowpea in southern Nigeria". Agricultural systems, : (17) 243-258.

Norman, W.D. 1973a. Methodology and problems of farm management investigations: Expériences From North of Nigeria. Michigan state University.

Norusis, M. J., 1991. The SPSS guide to data analysis for SPSS/PC+. 2nd ed. Copyright by SPSS Inc.

Oldman et coll., 1990. World map of the status of Human-induced soil degradation: An explanatory note. Wageningen, Pays-bas, CIRIP.

Ouattara A.D., 1995. Analyse ex-ante de la rentabilité financière et des contraintes de l'adoption des nouvelles technologies rizicoles dans la région de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire), thèse de doctorat de 3ème cycle, CIREC, Faculté des sciences économiques et de gestion, Université d'Abidjan.

Pagiola, S. 1991. Agricultural policy Analysis Project: Cost-benefit analysis of soil conservation. Food Research Institut, Stanford University, USA.

Pearce et coll, , 1990. Sustainable development : Economics and Environment in the Third World. Edward Elgar publishing limited, Hamshire.

Pearce, David., 1991. " The global commons". The greening of the global economy. London, Earthsean publication.

Pearce, David., 1992. Economic valuation and the natural. Environment department working paper N°998, World Bank, Washington, D.C.

Perrin, et coll, 1976. From agronomic data to farmer recommandations. An economics training manuel, Information bulletin 27, CIMMYT, Mexico city.

Projets UNB/UVA/ER et UNB/LUW/SVR, 1985. Etude de reconnaissance des systèmes d'exploitations agricoles du Plateau Adja, Mono, Bénin.

Projet-R.A.M.R, 1991, 1992, 1993. Rapports d'activité. Institut national de recherche agronomique du Bénin.

Projet-RAMR, 1992. Pour une recherche participative: Stratégie et développement d'une approche de recherche avec les paysans au Bénin. Ed. Valentin Koudokpon.

Prudencio, Y.C., 1983. A village study of soil fertility management and food crops production in Upper Volta. Technical and economic analysis, Tuson, U.S.A., University of Arizona.

Quenum, Y.B., 1986. Formation, structure et importance du revenu agricole dans le ménage paysan, étude de cas de trois villages sur le plateau Adja (Province du Mono, Bénin), thèse d'ingénieur agronome, université du Bénin, université d'Ibadan, 1986.

Richards, P., 1985. Indigenous agricultural revolution, ecologie and food production in West Africa. London, Hutchinson.

Raymond et Beauval, 1991. Medium term perspectives on the area and production of seed cotton in Benin. Ministère du développement rural. Cotonou, Benin.

Roose, E.J., 1977 : Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa. In D.J. Greenland & R. Lal (eds.), Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. John Wiley & Sons, N.Y.

Roose, E.J., 1975. Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest : Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales, Abidjan, ORSTOM, 92 pp.

Ruthenberg, H., 1980. Farming systems in the tropics. 3ème éd., Oxford University Press.

Sandford, S., 1983. Management of pastoral development in the third world. Chichester, Wiley.

Steel, R. et J. Torrie (1980). Principles and procedures of statistics : a biometrical approach. 2nd. ed., McGraw-Hill, New-York, 1980.

Stoop, W.A. and Van Staveren, 1980. "Effects of cowpea in cereal rotations and in cereal intercropping systems on maintaining soil fertility under semi-arid conditions in upper Volta". ICRISAT staff research paper. Ouagadougou.

Sumberg J. E. et al., 1987." Economic analysis of alley farming with small ruminant". ILCA Bulletin 28 : 2-6 . International Livestock center for Africa, Addis Ababa, Ethiopia.

Timberlake, L., 1990." Protection des ressources renouvelables". Berg, J.R. et J.S. Whitaker, 1990: Stratégie pour un nouveau développement en Afrique, éd. economica, Nouveaux horizons.

Van der Pol, F. et coll. 1993. L'épuisement des sols et sa valeur économique dans le département du Mono, Cotonou, Bénin.

Versteeg M. et coll., 1993. Participatory farmer experimentation in Benin : The research-development approach (with case exemple on mucuna), Cotonou, Bénin.

Warren, A. and C., Agnew, 1988." An assessment of desertification and land degradation". Arid and semi-arid areas drylands program research paper, Londres, IIED.

Williams, J. R. 1975." Sediment yield predictions with universal equation using runoff energy factor". Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, DC, pp. 244-252.

Wischmeier W. H. et coll. 1958. "Evaluation of factors in the soil loss equation" Journal of agricultural Engineering U.S.A., p. 458-462.

Wortham, A. W. and T. E. Smith (1960). Pratical statistics in experimental design. Dallas publishing house.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ANNEXES

- I. Présentation des budgets de production
- II. Présentation de l'analyse des avantages dominants
- III. Dominance stochastique et test de Kolmogorov-Smirnov
- IV. Répartition par âge et par sexe de la population
- V. Présentation des résultats : analyses de variance et contrastes
- VI. Présentation des résultats relatifs à la dégradation du sol
- VII. Présentation de quelques résultats bruts de l'analyse coûts/avantages
- VIII. Présentation de tableaux généraux

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

TABLEAU 1 : BUDGET DE CULTURE DU MAÏS AVEC ET SANS CONSERVATION A BASE DE LA JACHERE MUCUNA

RUBRIQUES	système avec jachère mucuna				système témoin sans jachère mucuna			
	T11	T12	T13	T14	T01	T02	T03	T04
rendement(kg/ha)	1066	783	929	804	235	247	214	250
rendement ajusté(kg/ha)	1834	1487	1310	1101	513	494	449	456
prix du maïs(f.cfa/kg)	52,30	52,30	52,30	52,30	52	52	52	52
revenu du maïs(f.cfa/ha)	95896	77774	68488	57598	26823	25832	23492	23833
revenu d'option(f.cfa/ha)	25000	25000	25000	25000	0	0	0	0
revenu total(f.cfa/ha)	120896	102774	93488	82598	26823	25832	23492	23833
coût semence maïs(f.cfa/ha)	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999
coût engrais N.P.K(f.cfa/ha)	9500	0	9500	0	9500	0	9500	0
hommes-heure totaux/ha	564	551	564	551	553	507	553	507
coût d'un homme-heure	87	87	87	87	87	87	87	87
coût total homme-heure	49053	47928	49053	47928	48137	44074	48094	44074
coût sol en propriété(1)	0	0	0	0	0	0	0	0
coût du métayage(2)	31965	25925	22829	19199	8941	8611	7831	7944
coût du fermage(3)	10667	10667	10667	10667	10667	10667	10667	10667
coût d'option	5525	5525	5525	5525	0	0	0	0
COÛTS TOTAUX								
sans coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	17024	7524	17024	7524	11499	1999	11499	1999
sous l'hypothèse (2)	48989	33449	39853	26723	20440	10610	19330	9943
sous l'hypothèse (3)	27691	18191	27691	18191	22166	12666	22166	12666
avec coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	66077	55452	66077	55452	59636	46073	59593	46073
sous l'hypothèse (2)	98043	81377	88907	74652	68577	54684	67423	54018
sous l'hypothèse (3)	76744	66119	76744	66119	70303	56740	70260	56740
AVANTAGES NETS								
sans coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	103872	95250	76464	75074	15324	23833	11993	21834
sous l'hypothèse (2)	71906	69325	53634	55875	6383	15222	4162	13890
sous l'hypothèse (3)	93205	84583	65797	64407	4657	13166	1326	11167
avec coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	54818	47322	27410	27146	-32814	-20241	-36101	-22240
sous l'hypothèse (2)	22853	21397	4581	7946	-41754	-28852	-43932	-30185
sous l'hypothèse (3)	44151	36655	16743	16479	-43481	-30908	-46768	-32907

TABLEAU 2 : BUDGET DE CULTURE DU MAÏS AVEC ET SANS CONSERVATION A BASE DE LA JACHERE ACACIA

RUBRIQUES	système avec jachère acacia				système témoin sans jachère acacia			
	T11	T12	T13	T14	T01	T02	T03	T04
rendement(kg/ha)	1116	884	991	902	298	275	264	281
rendement ajusté(kg/ha)	1785	1502	1585	1443	649	551	555	512
prix du maïs(f.cfa/kg)	52	52	52	52	52	52	52	52
revenu du maïs(f.cfa/ha)	93362	78568	82892	75464	33919	28791	29028	26771
revenu d'option(f.cfa/ha)	26667	26667	26667	26667	0	0	0	0
revenu total(f.cfa/ha)	120029	105235	109559	102131	33919	28791	29028	26771
coût semence maïs(f.cfa/ha)	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999
coût engrais N.P.K(f.cfa/ha)	9500	0	9500	0	9500	0	9500	0
hommes-heure totaux/ha	585	538	585	538	555	499	555	499
coût d'un homme-heure	87	87	87	87	87	87	87	87
coût total homme-heure	50917	46806	50917	46806	48307	43370	48307	43370
coût sol en propriété(1)	0	0	0	0	0	0	0	0
coût du métayage(2)	31121	26189	27631	25155	11306	9597	9676	8924
coût du fermage(3)	10667	10667	10667	10667	10667	10667	10667	10667
coût d'option	6739	6739	6739	6739	0	0	0	0
COÛTS TOTAUX								
sans coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	18238	8738	18238	8738	11499	1999	11499	1999
sous l'hypothèse (2)	49358	34927	45869	33893	22805	11596	21175	10923
sous l'hypothèse (3)	28905	19405	28905	19405	22166	12666	22166	12666
avec coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	69155	55544	69155	55544	59806	45369	59806	45369
sous l'hypothèse (2)	100275	81733	96785	80699	71112	54966	69482	54292
sous l'hypothèse (3)	79822	66211	79822	66211	70473	56036	70473	56036
AVANTAGES NETS								
sans coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	101791	96497	91321	93393	22420	26792	17529	24772
sous l'hypothèse (2)	70670	70307	63691	68238	11114	17195	7853	15848
sous l'hypothèse (3)	91124	85830	80654	82726	11753	16125	6862	14105
avec coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	50874	49691	40405	46587	-25887	-16577	-30778	-18597
sous l'hypothèse (2)	19753	23501	12774	21432	-37193	-26174	-40454	-27521
sous l'hypothèse (3)	40207	39024	29738	35920	-36554	-27244	-41445	-29264

TABLEAU 3 : BUDGET DE CULTURE DU MAÏS AVEC ET SANS CONSERVATION A BASE DES COULOIRS LEUCEANA/GLIRICIDIA

RUBRIQUES	système avec couloirs				système témoin sans couloirs			
	T11	T12	T13	T14	T01	T02	T03	T04
rendement(kg/ha)	755	379	616	401	764	623	703	621
rendement ajusté(kg/ha)	2060	1027	1465	961	916	685	843	683
prix du maïs(f.cfa/kg)	52	52	52	52	52	52	52	52
revenu du maïs(f.cfa/ha)	107756	53735	76620	50281	47923	35821	44093	35739
revenu d'option(f.cfa/ha)	12000	12000	12000	12000	0	0	0	0
revenu total(f.cfa/ha)	119756	65735	88620	62281	47923	35821	44093	35739
coût semence maïs(f.cfa/ha)	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999
coût engrais N.P.K(f.cfa/ha)	9500	0	9500	0	9500	0	9500	0
hommes-heure totaux/ha	602	573	602	573	555	528	555	526
coût d'un homme-heure	87	87	87	87	87	87	87	87
coût total homme-heure	52345	49887	52345	49887	48265	45736	48265	45736
coût sol en propriété(1)	0	0	0	0	0	0	0	0
coût du métayage(2)	35919	17912	25540	16760	15974	11940	14698	11913
coût du fermage(3)	10667	10667	10667	10667	10667	10667	10667	10667
coût d'option	18549	18549	18549	18549	0	0	0	0
COÛTS TOTAUX								
sans coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	30048	20548	30048	20548	11499	1999	11499	1999
sous l'hypothèse (2)	65967	38460	55588	37308	27473	13939	26197	13912
sous l'hypothèse (3)	40715	31215	40715	31215	22166	12666	22166	12666
avec coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	82394	70435	82394	70435	59764	47735	59764	47735
sous l'hypothèse (2)	118312	88347	107934	87195	75738	59676	74461	59648
sous l'hypothèse (3)	93061	81102	93061	81102	70431	58402	70431	58402
AVANTAGES NETS								
sans coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	89708	45187	58572	41733	36424	33822	32594	33740
sous l'hypothèse (2)	53789	27275	33032	24972	20449	21882	17897	21827
sous l'hypothèse (3)	79041	34520	47905	31066	25757	23155	21927	23073
avec coûts de la main-d'oeuvre familiale								
sous l'hypothèse (1)	37363	-4700	6226	-8154	-11841	-11914	-15670	-11997
sous l'hypothèse (2)	1444	-22611	-19314	-24915	-27815	-23855	-30368	-23910
sous l'hypothèse (3)	26696	-15367	-4441	-18821	-22508	-22581	-26337	-22664

**TABLEAU 4 : BUDGET DE CULTURE DU MAÏS AVEC ET SANS CONSERVATION
A BASE DE LA JACHÈRE MUCUNA SUR SOL FERRUGINEUX.**

RUBRIQUES	système mucuna		système traditionnel	
	T11	T12	T01	T02
rendement(kg/ha)	699,83	936,57	231,19	292,94
prix du maïs(f.cfa/kg)	52,3	52,3	52,3	52,3
revenu du maïs(fcfa/ha)	36601	48982	12091	15321
revenu d'option(f.cfa/ha)	25000	25000	0	0
revenu total(f.cfa/ha)	61601	73982	12091	15321
coût semence maïs(f.cfa/ha)	1999	1999	1999	1999
coût engrais N.P.K(fcfa/ha)	0	0	0	0
hommes-heure totaux/ha	519	519	517	517
coût d'un homme-heure	87	87	87	87
coût total homme-heure	45119	45119	44994	44994
coût sol en propriété(1)	0	0	0	0
coût du métayage(2)	12200	16327	4030	5107
coût du fermage(3)	10667	10667	10667	10667
coût d'option	5525	5525	0	0
COÛTS TOTAUX				
sans coûts de la main- d'oeuvre familiale				
sous l'hypothèse (1)	7524	7524	1999	1999
sous l'hypothèse (2)	19724	23851	6029	7106
sous l'hypothèse (3)	18191	18191	12666	12666
avec coûts de la main- d'oeuvre familiale				
sous l'hypothèse (1)	52643	52643	46993	46993
sous l'hypothèse (2)	64843	68971	51023	52099
sous l'hypothèse (3)	63310	63310	57660	57660
AVANTAGES NETS				
sans coûts de la main- d'oeuvre familiale				
sous l'hypothèse (1)	54077	66458	10092	13322
sous l'hypothèse (2)	41877	50131	6062	8215
sous l'hypothèse (3)	43410	55791	-575	2655
avec coûts de la main- d'oeuvre familiale				
sous l'hypothèse (1)	8958	21339	-34901	-31672
sous l'hypothèse (2)	-3243	5012	-38932	-36779
sous l'hypothèse (3)	-1709	10672	-45568	-42339

ANNEXE-2

Tableau 1: Présentation des résultats (fcfa/ha) de l'analyse de dominance dans les systèmes avec et sans *mucuna* sur les sols ferrallitiques médiocres du village de Zouzouvou.

Hypothèse	variables d'analyse	traitements							
		T02	T04	T12	T14	T01	T03	T11	T13
1	coût total	1999	1999	7524	7524	11499	11499	17024	17024
	marge nette	23833	21834	95250	75074	15324	11993	103872	76464
	résultat		d		d	d	d		d
	TRM(%)			1293				91	
2	coût total	46073	46073	55452	55452	59593	59636	66077	66077
	marge nette	-20241	-22240	47322	27146	-36101	-32814	54818	27410
	résultat	d	d		d	d	d		d
	TRM (%)							71	

source : nos propres estimations, 1994. d = traitement dominé. TRM = taux de rentabilité marginale. L'écriture engras vise à faciliter la compréhension du TRM.

i =1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i =2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i =3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i =4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

hypothèse 1 & 2 = respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

Tableau 2 : Présentation des résultats (fcfa/ha) de l'analyse de dominance dans les systèmes avec et sans *acacia* sur les sols ferralitiques médiocres du village de Zouzouvou.

hypothèses	variables d'analyse	traitements							
		T02	T04	T22	T24	T01	T03	T21	T23
1	coût total	1999	1999	8738	8738	11499	11499	18238	18238
	marge nette	26792	24772	96497	93393	22420	17529	101791	91321
	résultat		d		d	d	d		d
	TRM (%)			1034				56	
2	coût total	45369	45369	55544	55544	59806	59806	69155	69155
	marge nette	-16577	-18597	49691	46587	-25887	-30778	50874	40405
	résultat	d	d		d	d	d		d
	TRM (%)							9	

source: nos propres estimations, 1994. d = traitement dominé. TRM = taux de rentabilité marginale. L'écriture en gras vise à faciliter la compréhension du TRM.

i =1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique.

i =2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.

i =3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique.

i =4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.

hypothèse1 & 2= respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

Tableau 3 : Présentation des résultats (fcfa/ha) de l'analyse de dominance dans les systèmes avec et sans culture en couloir sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne du village de Zouzouvou.

hypothèses	variables d'analyse	Traitements							
		T02	T04	T01	T03	T32	T34	T31	T33
1	coût total	1999	1999	11499	11499	20548	20548	30048	30048
	marge nette	33822	33740	36424	32594	45187	41733	89708	58572
	résultat		d		d		d		d
	TRM(%)			27		97		469	
2	coût total	47735	47735	59764	59764	70435	70435	82394	82394
	marge nette	-11914	-11997	-11841	-15670	-4700	-8154	37363	6226
	résultat	d	d	d	d	d	d		d

source : nos propres estimations, 1994. TRM= taux de rentabilité marginale.

d = traitement dominé. L'écriture en gras vise à faciliter la compréhension du TRM.

i =1 correspond à la pratique de maïs hybride avec engrais chimique

i =2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique

i =3 correspond à la pratique de maïs local avec engrais chimique

i =4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique

hypothèse 1 & 2= respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

Tableau 4 : Présentation des résultats (fcfa/ha) de l'analyse de dominance des avantages financiers dans le système *mucuna*(T4i) et son témoin(T0i) sur les sols ferrugineux envahis par l'impérata.

hypothèses	Traitement	T02	T04	T42	T44
1	coût total	1999	1999	7524	7524
	marge nette	10092	13322	54077	66458
	résultat	d		d	
	TRM(%)				962
2	coût total	46993	46993	52643	53643
	marge nette	-34901	-31672	8958	21339
	résultat	d	d	d	

source : nos propres estimations, 1994. d = traitement dominé. TRM = taux de rentabilité marginale. L'écriture en gras vise à faciliter la compréhension du TRM.
i =2 correspond à la pratique de maïs hybride sans engrais chimique.
i =4 correspond à la pratique de maïs local sans engrais chimique.
hypothèse 1 & 2= respectivement avec et sans coûts calculés du travail familial.

Présentation des assolements

(1) <i>Mucuna</i> - première et deuxième campagnes (soit un an)-	(4). Manioc - quatrième campagne (grande saison agricole)-
(2) maïs - troisième campagne (grande saison agricole)-	(3) Arachide ou niébé - quatrième campagne (petite saison agricole) -

Couloirs (1) maïs - grande campagne-	Couloirs (2) Arachide où niébé - petite campagne-	Couloirs (3) manioc - grande campagne-
---	--	---

Jachère à base d' <i>acacia</i> (1) maïs - grande campagne-	Jachère à base d' <i>acacia</i> (2) Arachide où niébé - petite campagne-	Jachère à base d' <i>acacia</i> (3) manioc - grande campagne-
--	---	--

Tableau 1 : Procédure d'estimation des probabilités des rendements de maïs dans la pratique traditionnelle sur sols moyens.

Années	Rendement maïs	Fréquence de l'observation	Probabilités		
			de l'année	dans l'année	de l'observation
90	736.00	1.00	0.25	0.17	0.04
90	733.00	1.00	0.25	0.17	0.04
90	961.00	1.00	0.25	0.17	0.04
90	1,072.00	1.00	0.25	0.17	0.04
90	1,190.00	1.00	0.25	0.17	0.04
90	1,660.00	1.00	0.25	0.17	0.04
91	635.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	423.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	1,200.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	800.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	736.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	733.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	961.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	1,179.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	1,165.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	1,578.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	1,072.00	1.00	0.25	0.08	0.02
91	1,573.00	1.00	0.25	0.08	0.02
92	544	1.00	0.25	0.33333333	0.08
92	971	1.00	0.25	0.33333333	0.08
92	757	1.00	0.25	0.33333333	0.08
93	979.38	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	844.15	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	690	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	766.65	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	605.25	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	475	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	1000	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	741	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	593.75	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	714.28	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	988	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	687.5	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	630	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	465.97	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	950	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	900.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	950.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	919.19	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	969.23	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	1,159.20	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	1,054.66	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	987.36	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	1,085.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00

93	1,095.29	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	963.52	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	962.50	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	859.64	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	767.37	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	1,137.50	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	882.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	915.38	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	1,008.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	952.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	863.33	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	522.50	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	842.99	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	759.00	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	843.26	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	798.93	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	522.50	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	523.14	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	474.99	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	721.88	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	578.93	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	751.30	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	737.88	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	783.75	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	687.50	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	770	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	357.5	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	967.56	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	484.69	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	586.4	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	552	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	640	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	484.2	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	475	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	557.4	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	675	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	791.25	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	535.71	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	744	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	672.9	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	672	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	553.8	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	800	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	650	1.00	0.25	0.01470588	0.00
93	586.4	1.00	0.25	0.01470588	0.00

Tableau 2 : Procédure d'estimation des probabilités des rendements de maïs dans la pratique avec couloirs (leucaena & gliricidia) sur sols moyens.

Années	Rendement maïs	Fréquence de l'observation	Probabilités		
			de l'année	dans l'année	de l'observation
91.00	729.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	711.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	945.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	770.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	1,025.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	944.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	1,417.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	1,244.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	2,844.00	1.00	0.33	0.10	0.03
91.00	1,934.00	1.00	0.33	0.10	0.03
92.00	875.00	1.00	0.33	0.25	0.08
92.00	1,204.00	1.00	0.33	0.25	0.08
92.00	1,043.00	1.00	0.33	0.25	0.08
92.00	1,335.00	1.00	0.33	0.25	0.08
93.00	388.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	501.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	360.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	651.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	531.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	1151.50	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	575.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	956.36	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	725.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	1300.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	1117.65	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	522.66	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	475.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	600.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	552.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	552.50	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	1000.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	650.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	691.66	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	726.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	703.70	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	461.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	365.38	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	379.50	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	296.70	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	387.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	475.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	356.25	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	313.60	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	379.00	1.00	0.33	0.01	0.00

93.00	400.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	345.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	359.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	391.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	360	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	424.95	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	400	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	351.85	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	448.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	521.40	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	575.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	460.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	638.80	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	700.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	558.82	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	657.14	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	542.85	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	419.35	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	628.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	805.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	750.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	650.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	708.30	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	698.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	703.70	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	264.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	450.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	460.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	376.40	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	447.20	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	475.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	413.04	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	357.20	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	271.42	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	500.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	276.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	402.50	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	331.58	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	520.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	191.66	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	722.00	1.00	0.33	0.01	0.00
93.00	351.85	1.00	0.33	0.01	0.00

Tableau 3 : coordonnées de la figure 13.

Système sans couloirs		Système avec couloirs	
rendements triés	probabilités cumulatives	rendements triés	probabilités cumulatives
358	0.00	192	0.03
423	0.024509804	264	0.07
466	0.028186275	271	0.10
475	0.03	276	0.13
475	0.035539216	297	0.17
475	0.04	314	0.20
484	0.04	332	0.23
485	0.05	345	0.27
523	0.05	352	0.30
523	0.05	352	0.33
523	0.06	356	0.42
536	0.06127451	357	0.50
544	0.144607843	359	0.58
552	0.15	360	0.67
554	0.151960784	360	0.67
557	0.16	365	0.68
579	0.16	376	0.68
586	0.16	379	0.69
586	0.166666667	380	0.69
594	0.170343137	387	0.69
605	0.174019608	388	0.70
630	0.177696078	391	0.70
635	0.198529412	400	0.71
640	0.20	400	0.71
650	0.205882353	403	0.72
672	0.209558824	413	0.72
673	0.213235294	419	0.73
675	0.216911765	425	0.73
688	0.220588235	447	0.74
688	0.22	448	0.74
690	0.227941176	450	0.75
714	0.231617647	460	0.75
722	0.24	460	0.75
733	0.276960784	461	0.76
733	0.297794118	475	0.76
736	0.339460784	475	0.77
736	0.360294118	475	0.77
738	0.36	500	0.78
741	0.367647059	501	0.78
744	0.371323529	520	0.79
751	0.38	521	0.79
757	0.458333333	523	0.80
759	0.46	531	0.80
767	0.465686275	543	0.81

767	0.47	552	0.81
770	0.47	553	0.81
784	0.48	559	0.82
791	0.480392157	575	0.82
799	0.48	575	0.83
800	0.504901961	600	0.83
800	0.508578431	628	0.84
843	0.51	639	0.84
843	0.52	650	0.85
844	0.519607843	650	0.85
860	0.52	651	0.86
863	0.53	657	0.86
882	0.53	692	0.87
900	0.534313725	698	0.87
915	0.54	700	0.88
919	0.54	704	0.88
950	0.545343137	704	0.88
950	0.55	708	0.89
952	0.55	711	0.89
961	0.594362745	722	0.90
961	0.615196078	725	0.90
963	0.62	726	0.91
964	0.62	729	0.91
968	0.63	750	0.92
969	0.63	770	0.92
971	0.713235294	805	0.93
979	0.716911765	875	0.93
987	0.72	944	0.94
988	0.724264706	945	0.94
1000	0.727941176	956	0.94
1008	0.73	1000	0.95
1055	0.74	1025	0.95
1072	0.776960784	1043	0.96
1072	0.797794118	1118	0.96
1085	0.80	1152	0.97
1095	0.81	1204	0.97
1138	0.81	1244	0.98
1159	0.81	1300	0.98
1165	0.833333333	1335	0.99
1179	0.854166667	1417	0.99
1190	0.895833333	1934	1.00
1200	0.916666667	2844	1.00
1573	0.9375		
1578	0.958333333		
1660	1		

Tableau 4 : Le test de Kolmogorov -Smirnov à 2 échantillons.

système traditionnel à sol moyen		système avec culture en couloir		distances verticales
y2=rendt. maïs(kg/ha)	prob. cum.: f(y2)	y23=rendt. maïs(kg/ha)	prob. cum.: f(y23)	f(y2)-f(y23)
	0	191.66	0.00	6.43004E-05
	0	264.00	0.00	0.00469393
	0	271.42	0.01	0.00932356
	0	276.00	0.01	0.013953189
	0	296.70	0.02	0.018582819
	0	313.60	0.02	0.023212449
	0	331.58	0.03	0.027842078
	0	345.00	0.03	0.032471708
	0	351.85	0.04	0.037101337
	0	351.85	0.04	0.041730967
	0	356.25	0.05	0.046360597
	0	357.20	0.05	0.050990226
357.5	0.00		0.05	0.047313756
	0.00	359.00	0.06	0.051943385
	0.00	360.00	0.06	0.056573015
	0.00	360.00	0.06	0.061202645
	0.00	365.38	0.07	0.065832274
	0.00	376.40	0.07	0.070461904
	0.00	379.00	0.08	0.075091534
	0.00	379.50	0.08	0.079721163
	0.00	387.00	0.09	0.084350793
	0.00	388.00	0.09	0.088980422
	0.00	391.00	0.10	0.093610052
	0.00	400.00	0.10	0.098239682
	0.00	400.00	0.11	0.102869311
	0.00	402.50	0.11	0.107498941
	0.00	413.04	0.12	0.112128571
	0.00	419.35	0.12	0.1167582
423.00	0.024509804		0.12	0.095924867
	0.024509804	424.95	0.13	0.100554496
	0.024509804	447.20	0.13	0.105184126
	0.024509804	448.00	0.13	0.109813756
	0.024509804	450.00	0.14	0.114443385
	0.024509804	460.00	0.14	0.119073015
	0.024509804	460.00	0.15	0.123702645
	0.024509804	461.00	0.15	0.128332274
465.97	0.028186275		0.15	0.124655804
474.99	0.03		0.15	0.120979333
475	0.035539216	475.00	0.16	0.121932492
475	0.04	475.00	0.16	0.122885651
	0.04	475.00	0.17	0.127515281
484.2	0.04		0.17	0.12383881
484.69	0.05		0.17	0.12016234
	0.05	500.00	0.17	0.124791969
	0.05	501.00	0.18	0.129421599

	0.05	520.00	0.18	0.134051229
	0.05	521.40	0.19	0.138680858
	0.05	522.66	0.19	0.143310488
522.50	0.05		0.19	0.139634017
522.50	0.05		0.19	0.135957547
523.14	0.06		0.19	0.132281076
	0.06	531.00	0.19	0.136910706
535.71	0.06127451		0.19	0.133234235
	0.06127451	542.85	0.20	0.137863865
544	0.144607843		0.20	0.054530531
552	0.15	552.00	0.20	0.05548369
	0.15	552.50	0.21	0.06011332
553.8	0.151960784		0.21	0.056436849
557.4	0.16		0.21	0.052760379
	0.16	558.82	0.21	0.057390008
	0.16	575.00	0.22	0.062019638
	0.16	575	0.22	0.066649268
578.93	0.16		0.22	0.062972797
586.4	0.16		0.22	0.059296327
586.4	0.166666667		0.22	0.055619856
593.75	0.170343137		0.22	0.051943385
	0.170343137	600	0.23	0.056573015
605.25	0.174019608		0.23	0.052896544
	0.174019608	628	0.23	0.057526174
630	0.177696078		0.23	0.053849703
635.00	0.198529412		0.23	0.03301637
	0.198529412	638.8	0.24	0.037646
640	0.20		0.24	0.033969529
650	0.205882353	650.00	0.24	0.034922688
	0.205882353	650.00	0.25	0.039552318
	0.205882353	651.00	0.25	0.044181947
	0.205882353	657.14	0.32	0.109922688
672	0.209558824		0.32	0.106246218
672.9	0.213235294		0.32	0.102569747
675	0.216911765		0.32	0.098893276
687.5	0.220588235		0.32	0.095216806
687.50	0.22		0.32	0.091540335
690	0.227941176		0.32	0.087863865
	0.227941176	691.66	0.26	0.031382383
	0.227941176	698.00	0.26	0.036012013

	0.227941176	700.00	0.27	0.040641642
	0.227941176	703.70	0.27	0.045271272
	0.227941176	703.70	0.28	0.049900902
	0.227941176	708.30	0.28	0.054530531
	0.227941176	711.00	0.32	0.087863865
714.28	0.231617647		0.32	0.084187394
721.88	0.24		0.32	0.080510924
	0.24	722.00	0.32	0.085140553
	0.24	725.00	0.33	0.089770183
	0.24	726.00	0.33	0.094399812
	0.24	729.00	0.36	0.127733146
733.00	0.276960784		0.36	0.086066479
733.00	0.297794118		0.36	0.065233146
736.00	0.339460784		0.36	0.023566479
736.00	0.360294118		0.36	0.002733146
737.88	0.36		0.36	0.000943325
741	0.367647059		0.36	0.004619795
744	0.371323529		0.36	0.008296266
	0.371323529	750.00	0.37	0.003666636
751.30	0.38		0.37	0.007343107
757	0.458333333		0.37	0.09067644
759.00	0.46		0.37	0.094352911
766.65	0.465686275		0.37	0.098029382
767.37	0.47		0.37	0.101705852
770	0.47	770.00	0.40	0.072048989
783.75	0.48		0.40	0.07572546
791.25	0.480392157		0.40	0.079401931
798.93	0.48		0.40	0.083078401
800.00	0.504901961		0.40	0.103911734
800	0.508578431		0.40	0.107588205
	0.508578431	805.00	0.41	0.102958575
842.99	0.51		0.41	0.106635046
843.26	0.52		0.41	0.110311517
844.15	0.519607843		0.41	0.113987987
859.64	0.52		0.41	0.117664458
863.33	0.53		0.41	0.121340928
	0.53	875.00	0.49	0.038007595
882.00	0.53		0.49	0.041684066
900.00	0.534313725		0.49	0.045360536
915.38	0.54		0.49	0.049037007
919.19	0.54		0.49	0.052713477
	0.54	944.00	0.52	0.019380144
	0.54	945.00	0.56	0.013953189
950	0.545343137		0.56	0.010276719
950.00	0.55		0.56	0.006600248

952.00	0.55		0.56	0.002923778
	0.55	956.36	0.56	0.007553407
961.00	0.594362745		0.56	0.03411326
961.00	0.615196078		0.56	0.054946593
962.50	0.62		0.56	0.058623063
963.52	0.62		0.56	0.062299534
967.56	0.63		0.56	0.065976005
969.23	0.63		0.56	0.069652475
971	0.713235294		0.56	0.152985809
979.38	0.716911765		0.56	0.156662279
987.36	0.72		0.56	0.16033875
988	0.724264706		0.56	0.16401522
1000	0.727941176	1000.00	0.56	0.163062061
1,008.00	0.73		0.56	0.166738532
	0.73	1025.00	0.60	0.133405198
	0.73	1043.00	0.68	0.050071865
1,054.66	0.74		0.68	0.053748336
1,072.00	0.776960784		0.68	0.095415002
1,072.00	0.797794118		0.68	0.116248336
1,085.00	0.80		0.68	0.119924806
1,095.29	0.81		0.68	0.123601277
	0.81	1117.65	0.69	0.118971647
1,137.50	0.81		0.69	0.122648118
	0.81	1151.50	0.69	0.118018488
1,159.20	0.81		0.69	0.121694959
1,165.00	0.833333333		0.69	0.142528292
1,179.00	0.854166667		0.69	0.163361626
1,190.00	0.895833333		0.69	0.205028292
1,200.00	0.916666667		0.69	0.225861626
	0.916666667	1204.00	0.77	0.142528292
	0.916666667	1244.00	0.81	0.109194959
	0.916666667	1300.00	0.81	0.104565329
	0.916666667	1335.00	0.90	0.021231996
	0.916666667	1417.00	0.93	0.012101337
1,573.00	0.9375		0.93	0.008731996
1,578.00	0.958333333		0.93	0.029565329
1,660.00	1		0.93	0.071231996
	1	1934.00	0.96	0.037898663
	1	2844.00	1.00	0.004565329
Dobs=0,2258				
D*(86,89 ; 0.01)		0.246106156		
D*(86,89 ; 0.05)		0.205355597		

ANNEXE-4 :

Tableau 1 : Répartition (%) de la population des villages par sexe et par age

Classes d'âges (an)	village de Zouzouvou		village d'Eglime		Zouzouvou & Eglime	
	hommes(%)	femme(%)	hommes(%)	femme(%)	hommes(%)	femme(%)
0-5	19	18	33	21	26	19
5-10	15	16	16	19	15	18
10-15	21	10	15	11	18	11
15-20	15	10	9	14	12	12
20-25	6	13	7	8	6	10
25-30	6	11	7	11	6	11
30-35	3	4	4	6	3	5
35-40	6	4	5	5	5	4
40-45	3	7	2	2	2	4
45-50	1	3	2	0	1	1
50-55	0	0	0	1	0	0
55-60	2	2	0	0	1	1
>60	6	4	0	2	3	3

Source : Données d'enquête, 1993.

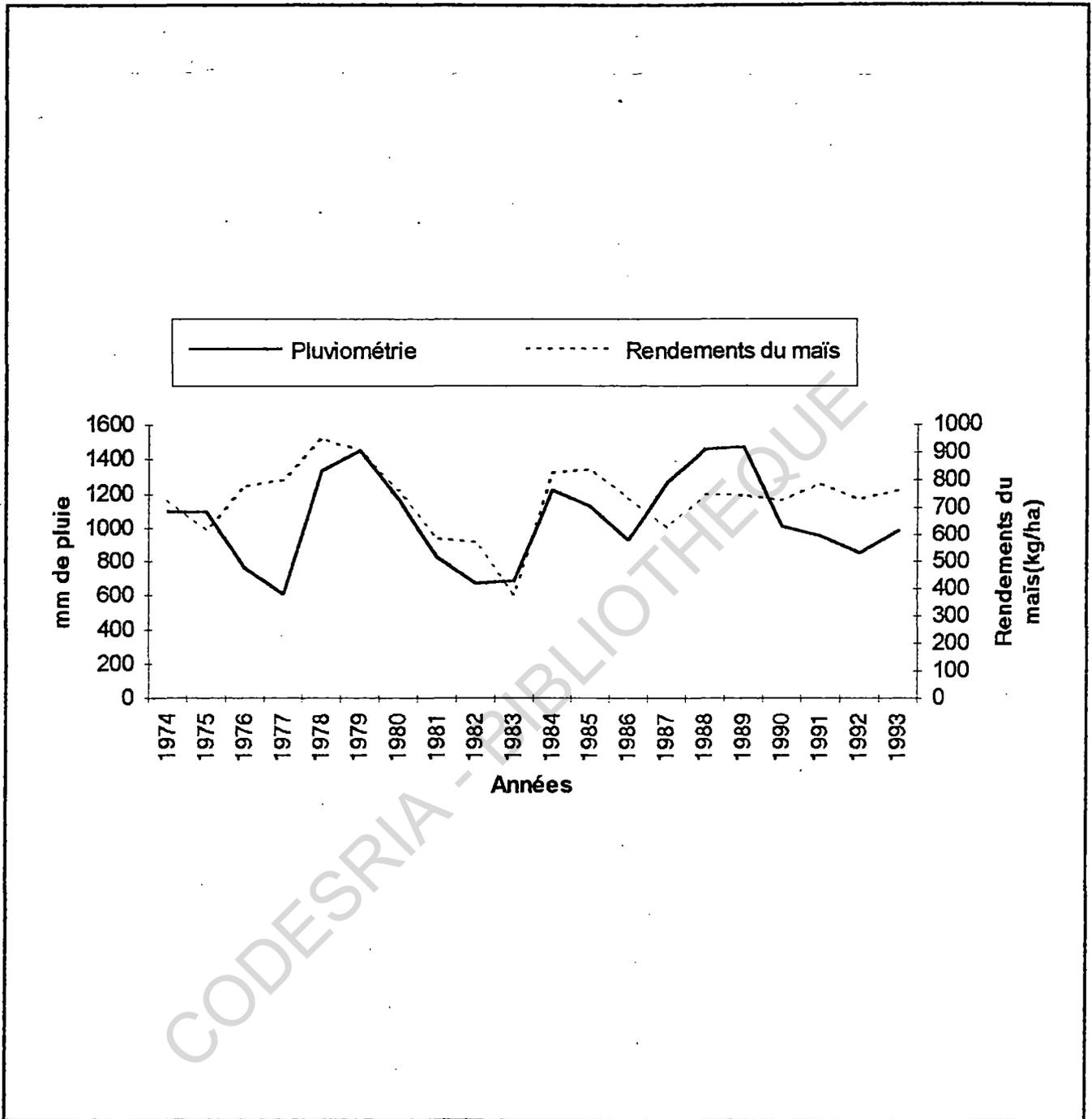


FIGURE 3 : Evolution comparée de la pluviométrie et des rendements du maïs dans le département du Mono (1974-1993).

Source : Courbes établies sur la base des données secondaires obtenues auprès du CARDER-Mono.

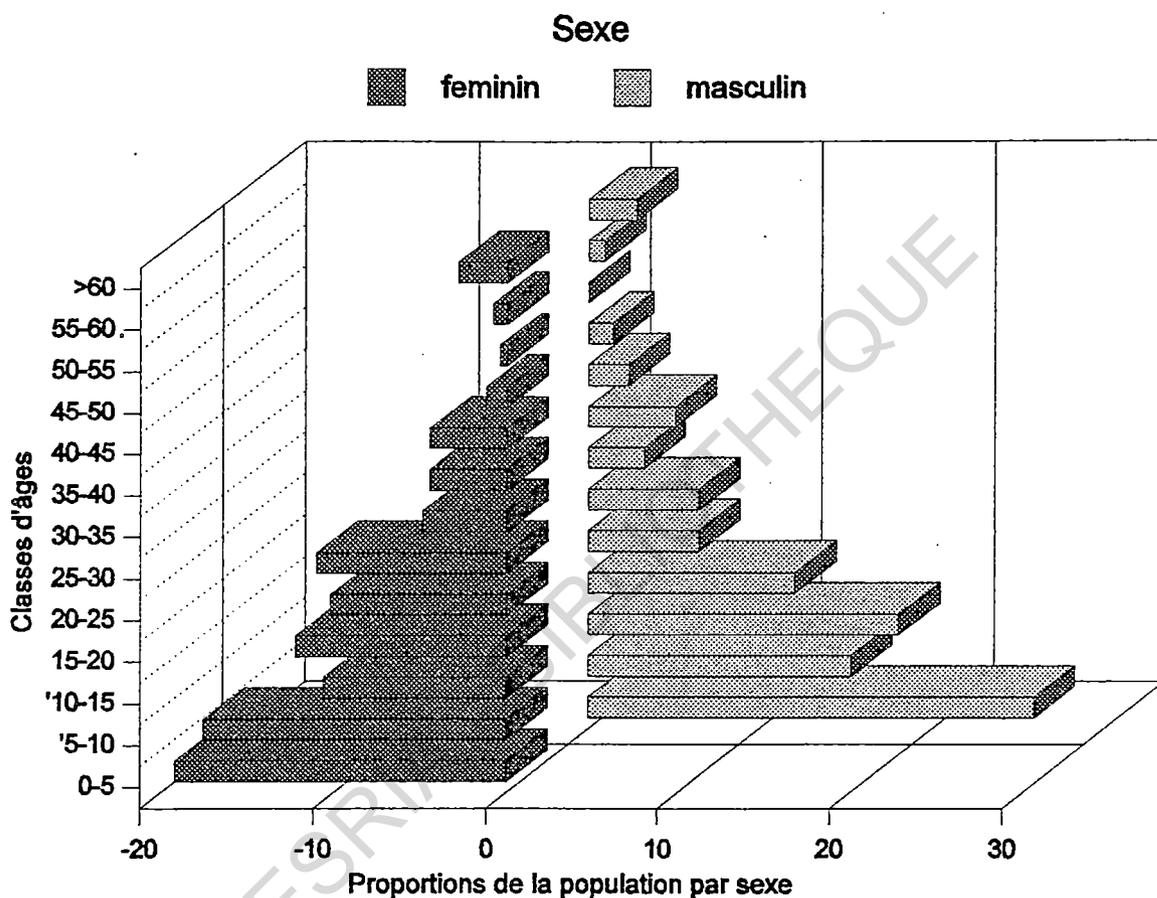


FIGURE 1 : Répartition de la population par âge et par sexe. Village de Zouzouvou et d'Eglime. (échantillon de taille 461).

Source : Courbes établies sur la base des données primaires de notre enquête, 1993-1994.

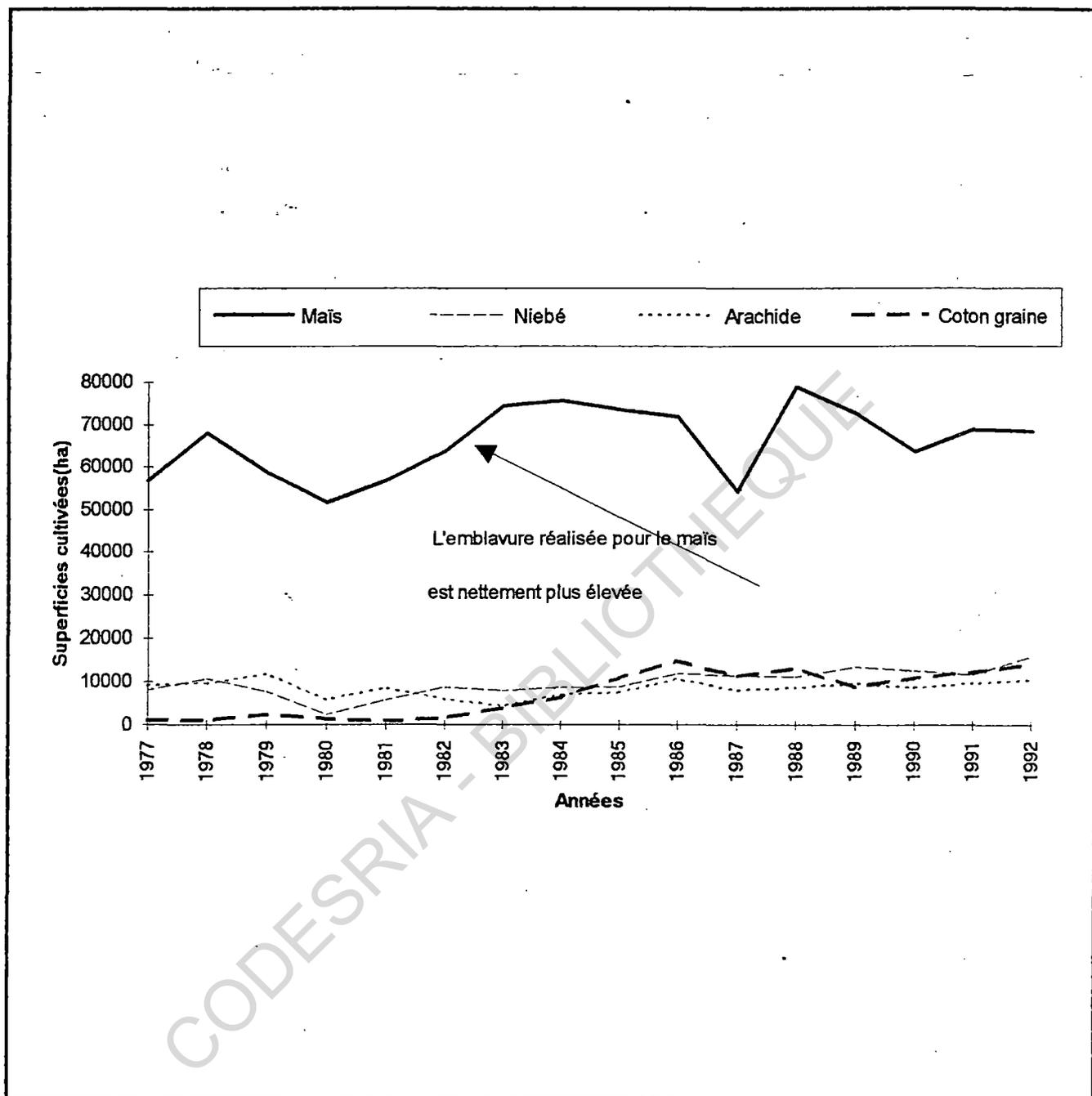


FIGURE 2 : Evolution des emblavures réalisées pour les principales cultures -maïs, niébé, coton arachide- dans le département du mono(1977-1992).

Source: courbes établies sur la base des données secondaires obtenues auprès du CARDER-Mono.

ANNEXE 5

RESULTATS BRUTS DE L'ANALYSE DE VARIANCE ET DES CONTRASTES

----- O N E W A Y -----
 Variable OZM1 système mucuna dans le village de Zouzouvou
 By Variable GOZM1 rendement du maïs avant simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	9199041,535	1314148,791	70,5184	,0000
Within Groups	72	1341758,868	18635,5398		
Total	79	10540800,40			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mea
Grp 1	10	1066,0270	141,2595	44,6702	964,9761	TO 1167,077
Grp 2	10	782,6690	118,3309	37,4195	698,0202	TO 867,317
Grp 3	10	928,7340	131,6440	41,6295	834,5616	TO 1022,906
Grp 4	10	803,8700	221,6943	70,1059	645,2795	TO 962,460
Grp 5	10	235,2580	107,5168	33,9998	158,3452	TO 312,170
Grp 6	10	246,9580	46,3785	14,6662	213,7809	TO 280,135
Grp 7	10	213,8900	114,9905	36,3632	131,6308	TO 296,149
Grp 8	10	250,3830	147,3626	46,6001	144,9662	TO 355,799
Total	80	565,9736	365,2778	40,8393	484,6850	TO 647,262

----- O N E W A Y -----

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	830,7690	61,0500	13,608	72,0	,000
Contrast 2	535,7110	61,0500	8,775	72,0	,000
Contrast 3	714,8440	61,0500	11,709	72,0	,000
Contrast 4	553,4870	61,0500	9,066	72,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	830,7690	56,1374	14,799	16,8	,000
Contrast 2	535,7110	40,1910	13,329	11,7	,000
Contrast 3	714,8440	55,2747	12,933	17,7	,000
Contrast 4	553,4870	84,1808	6,575	15,7	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
1,8888	7	72	,084

Variable OZM4 système mucuna dans le village de Zouzouvou
By Variable GOZM1 marge nette liée au maïs avant simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	55565720434	7937960062	116,4366	,0000
Within Groups	72	4908534130	68174085,14		
Total	79	60474254564			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	10	14675,8647	10077,2325	3186,7007	7467,0504 TO 21884,6791
Grp 2	10	10481,2887	9486,4188	2999,8690	3695,1169 TO 17267,4605
Grp 3	10	7495,4408	7740,4683	2447,7510	1958,2461 TO 13032,6355
Grp 4	10	11590,1010	10537,2731	3332,1783	4052,1936 TO 19128,0084
Grp 5	10	-47332,1618	7400,7837	2340,3333	-52626,3609 TO -42037,9627
Grp 6	10	-33157,2966	3281,9901	1037,8564	-35505,0898 TO -30809,5034
Grp 7	10	-48406,1530	8003,1317	2530,8125	-54131,2457 TO -42681,0603
Grp 8	10	-32978,1810	7301,2173	2308,8476	-38201,1546 TO -27755,2073
Total	80	-14703,8871	27667,6145	3093,3333	-20861,0133 TO -8546,7610

O N E W A Y

Variable OZM4
By Variable GOZM1

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	62008,0265	3692,5353	16,793	72,0	,000
Contrast 2	43638,5853	3692,5353	11,818	72,0	,000
Contrast 3	55901,5938	3692,5353	15,139	72,0	,000
Contrast 4	44568,2820	3692,5353	12,070	72,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	62008,0265	3953,7604	15,683	16,5	,000
Contrast 2	43638,5853	3174,3283	13,747	11,1	,000
Contrast 3	55901,5938	3520,8659	15,877	18,0	,000
Contrast 4	44568,2820	4053,9104	10,994	16,0	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
1,8000	7	72	,100

Variable OZM5 système mucuna dans le village de Zouzouvou
By Variable GOZM1 temps de travaux en homme-jour.

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	38419,4340	5488,4906	1,6245	,1423
Within Groups	72	243261,0900	3378,6263		
Total	79	281680,5240			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mean
Grp 1	10	563,8316	64,2922	20,3310	517,8397	TO 609,8234
Grp 2	10	550,9000	63,3587	20,0358	505,5760	TO 596,2240
Grp 3	10	563,8316	64,2922	20,3310	517,8397	TO 609,8234
Grp 4	10	550,9000	63,3587	20,0358	505,5760	TO 596,2240
Grp 5	10	553,3000	68,0638	21,5237	504,6101	TO 601,9899
Grp 6	10	506,6000	28,0444	8,8684	486,5382	TO 526,6618
Grp 7	10	552,8000	67,2884	21,2785	504,6648	TO 600,9352
Grp 8	10	506,6000	28,0444	8,8684	486,5382	TO 526,6618
Total	80	543,5954	59,7124	6,6761	530,3070	TO 556,8837

O N E W A Y

Variable OZM5
By Variable GOZM1

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	10,5316	25,9947	,405	72,0	,687
Contrast 2	44,3000	25,9947	1,704	72,0	,093
Contrast 3	11,0316	25,9947	,424	72,0	,673
Contrast 4	44,3000	25,9947	1,704	72,0	,093

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	10,5316	29,6077	,356	17,9	,726
Contrast 2	44,3000	21,9108	2,022	12,4	,065
Contrast 3	11,0316	29,4300	,375	18,0	,712
Contrast 4	44,3000	21,9108	2,022	12,4	,065

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
,8020	7	72	,588

Variable MZM1
By Variable GMZM

système mucuna dans le village de Zouzouvou
rendement du maïs après simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	21153137,92	3021876,846	56,2122	,0000
Within Groups	72	3870603,665	53758,3842		
Total	79	25023741,59			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf- Int for Mean
Grp 1	10	1833,5660	242,9657	76,8325	1659,7589 TO 2007,3731
Grp 2	10	1487,0700	224,8297	71,0974	1326,2366 TO 1647,9034
Grp 3	10	1309,5140	185,6201	58,6982	1176,7295 TO 1442,2985
Grp 4	10	1101,3020	303,7221	96,0454	884,0324 TO 1318,5716
Grp 5	10	512,8610	234,3848	74,1190	345,1923 TO 680,5297
Grp 6	10	493,9160	92,7569	29,3323	427,5617 TO 560,2703
Grp 7	10	449,1690	241,4800	76,3627	276,4247 TO 621,9133
Grp 8	10	455,6970	268,2010	84,8126	263,8376 TO 647,5564
Total	80	955,3869	562,8110	62,9242	830,1394 TO 1080,6343

O N E W A Y

Variable MZM1
By Variable GMZM

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1320,7050	103,6903	12,737	72,0	,000
Contrast 2	993,1540	103,6903	9,578	72,0	,000
Contrast 3	860,3450	103,6903	8,297	72,0	,000
Contrast 4	645,6050	103,6903	6,226	72,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1320,7050	106,7560	12,371	18,0	,000
Contrast 2	993,1540	76,9105	12,913	12,0	,000
Contrast 3	860,3450	96,3158	8,933	16,9	,000
Contrast 4	645,6050	128,1323	5,039	17,7	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
1,1087	7	72	,367

Variable MZM2 système mucuna dans le village de Zouzouyou
By Variable GMZM Revenu brut liée au maïs après simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	1,2030E+11	17186300630	116,8777	,0000
Within Groups	72	10587250265	147045142,6		
Total	79	1,3089E+11			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mean
Grp 1	10	120895,4000	12707,1513	4018,3541	111805,2561	TO 129985,5439
Grp 2	10	102773,9000	11758,5283	3718,3731	94362,3597	TO 111185,4403
Grp 3	10	93487,6000	9707,8423	3069,8893	86543,0314	TO 100432,1686
Grp 4	10	82598,0000	15884,7362	5023,1946	71234,7499	TO 93961,2501
Grp 5	10	26822,5000	12258,5145	3876,4827	18053,2913	TO 35591,7087
Grp 6	10	25831,8000	4851,1593	1534,0713	22361,4914	TO 29302,1086
Grp 7	10	23491,5000	12629,4781	3993,7916	14456,9201	TO 32526,0799
Grp 8	10	23832,9000	14026,7876	4435,6597	13798,7455	TO 33867,0545
Total	80	62466,7000	40704,4542	4550,8963	53408,3672	TO 71525,0328

----- O N E W A Y -----

Variable MZM2
By Variable GMZM

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	94072,9000	5423,0092	17,347	72,0	,000
Contrast 2	76942,1000	5423,0092	14,188	72,0	,000
Contrast 3	69996,1000	5423,0092	12,907	72,0	,000
Contrast 4	58765,1000	5423,0092	10,836	72,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	94072,9000	5583,3939	16,849	18,0	,000
Contrast 2	76942,1000	4022,3965	19,128	12,0	,000
Contrast 3	69996,1000	5037,3199	13,896	16,9	,000
Contrast 4	58765,1000	6701,3104	8,769	17,7	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
1,1086	7	72	,367

Variable MZM4 système mucuna dans le village de Zouzouvou
 By Variable GMZM marge nette liée au maïs après simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	97604270409	13943467201	86,8208	,0000
Within Groups	72	11563241889	160600581,8		
Total	79	1,0917E+11			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mean.
Grp 1	10	54818,1774	14823,4133	4687,5749	44214,1516	TO 65422,2033
Grp 2	10	47321,5185	14461,4065	4573,0983	36976,4566	TO 57666,5805
Grp 3	10	27410,2840	9952,6972	3147,3192	20290,5568	TO 34530,0112
Grp 4	10	27145,7894	14457,5110	4571,8664	16803,5141	TO 37488,0646
Grp 5	10	-32813,5147	12623,9243	3992,0354	-41844,1217	TO -23782,9077
Grp 6	10	-20241,3932	5230,3910	1653,9949	-23982,9877	TO -16499,7987
Grp 7	10	-36101,0613	13429,6832	4246,8387	-45708,0732	TO -26494,0494
Grp 8	10	-22240,2654	13445,6736	4251,8953	-31858,7161	TO -12621,8147
Total	80	5662,4418	37173,4750	4156,1209	-2610,1100	TO 13934,9937

----- O N E W A Y -----

Variable MZM4
 By Variable GMZM

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	87631,6922	5667,4612	15,462	72,0	,000
Contrast 2	67562,9117	5667,4612	11,921	72,0	,000
Contrast 3	63511,3453	5667,4612	11,206	72,0	,000
Contrast 4	49386,0547	5667,4612	8,714	72,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	87631,6922	6157,0857	14,233	17,6	,000
Contrast 2	67562,9117	4863,0162	13,893	11,3	,000
Contrast 3	63511,3453	5285,9491	12,015	16,6	,000
Contrast 4	49386,0547	6243,4427	7,910	17,9	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
1,3675	7	72	,232

----- O N E W A Y -----

Variable OZM3
By Variable GMZM

ystème mucuna dans le village de Zouzouvou
coûts de production liés au maïs

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	4217413456	602487636,6	23,5597	,0000
Within Groups	72	1841243190	25572822,09		
Total	79	6058656647			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	10	66077,3474	5593,4223	1768,7954	62076,0561 TO 70078,6387
Grp 2	10	55452,3000	5512,2051	1743,1123	51509,1080 TO 59395,4920
Grp 3	10	66077,3474	5593,4223	1768,7954	62076,0561 TO 70078,6387
Grp 4	10	55452,3000	5512,2051	1743,1123	51509,1080 TO 59395,4920
Grp 5	10	59636,1000	5921,5486	1872,5581	55400,0814 TO 63872,1186
Grp 6	10	46073,2000	2439,8636	771,5526	44327,8276 TO 47818,5724
Grp 7	10	59592,6000	5854,0937	1851,2270	55404,8357 TO 63780,3643
Grp 8	10	46073,2000	2439,8636	771,5526	44327,8276 TO 47818,5724
Total	80	56804,2993	8757,3887	979,1058	54855,4379 TO 58753,1608

--- O N E W A Y ---

Variable OZM3
By Variable GMZM

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	6441,2474	2261,5403	2,848	72,0	,006
Contrast 2	9379,1000	2261,5403	4,147	72,0	,000
Contrast 3	6484,7474	2261,5403	2,867	72,0	,005
Contrast 4	9379,1000	2261,5403	4,147	72,0	,000

	Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	6441,2474	2575,8709	2,501	17,9	,022
Contrast 2	9379,1000	1906,2355	4,920	12,4	,000
Contrast 3	6484,7474	2560,4060	2,533	18,0	,021
Contrast 4	9379,1000	1906,2355	4,920	12,4	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
,8020	7	72	,588

système acacia dans le village de Zouzouvou
rendement du maïs avant simulation

Variable OZA1
By Variable GMZA

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	3983258,933	569036,9905	17,4622	,0000
Within Groups	24	782082,8053	32586,7836		
Total	31	4765341,739			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean		
Grp 1	4	1115,6975	180,1806	90,0903	828,9942	TO	1402,4008
Grp 2	4	883,6750	326,5914	163,2957	364,0027	TO	1403,3473
Grp 3	4	990,5875	256,1074	128,0537	583,0694	TO	1398,1056
Grp 4	4	901,8150	196,2722	98,1361	589,5066	TO	1214,1234
Grp 5	4	297,5000	68,1885	34,0942	188,9985	TO	406,0015
Grp 6	4	275,2500	64,5362	32,2681	172,5601	TO	377,9399
Grp 7	4	264,3000	81,8901	40,9450	133,9965	TO	394,6035
Grp 8	4	281,2500	43,9649	21,9825	211,2930	TO	351,2070
Total	32	626,2594	392,0723	69,3092	484,9022	TO	767,6165

----- O N E W A Y -----

Variable OZA1
By Variable GMZA

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	818,1975	127,6456	6,410	24,0	,000
Contrast 2	608,4250	127,6456	4,767	24,0	,000
Contrast 3	726,2875	127,6456	5,690	24,0	,000
Contrast 4	620,5650	127,6456	4,862	24,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	818,1975	96,3259	8,494	3,8	,001
Contrast 2	608,4250	166,4534	3,655	3,2	,031
Contrast 3	726,2875	134,4405	5,402	3,6	,008
Contrast 4	620,5650	100,5680	6,171	3,3	,006

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
2,9688	7	24	,022

----- O N E W A Y -----

annexe 5

système acacia dans le village de Zouzouvou
coûts de production liés au maïs.

Variable OZA3
By Variable GMZA

----- O N E W A Y -----

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8			
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0			
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0			
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0			
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0			
		Value		S. Error		Pooled Variance Estimate	T Value	D.F.		T Prob.	
Contrast 1		9349,0000		1447,5874		6,458	24,0			,000	
Contrast 2		10175,5000		1447,5874		7,029	24,0			,000	
Contrast 3		9349,0000		1447,5874		6,458	24,0			,000	
Contrast 4		10175,5000		1447,5874		7,029	24,0			,000	
		Value		S. Error		Separate Variance Estimate	T Value	D.F.		T Prob.	
Contrast 1		9349,0000		1129,1860		8,279	5,3			,000	
Contrast 2		10175,5000		1707,6174		5,959	5,9			,001	
Contrast 3		9349,0000		1129,1860		8,279	5,3			,000	
Contrast 4		10175,5000		1707,6174		5,959	5,9			,001	

----- O N E W A Y -----

système acacia dans le village de Zouzouvou
marge nette liée au maïs avant simulation.

Variable OZA4
By Variable GMZA

----- O N E W A Y -----

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8			
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0			
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0			
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0			
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0			
		Value		S. Error		Pooled Variance Estimate	T Value	D.F.		T Prob.	
Contrast 1		60109,7500		7333,1172		8,197	24,0			,000	
Contrast 2		48312,0000		7333,1172		6,588	24,0			,000	
Contrast 3		55302,7500		7333,1172		7,542	24,0			,000	
Contrast 4		48947,2500		7333,1172		6,675	24,0			,000	
		Value		S. Error		Separate Variance Estimate	T Value	D.F.		T Prob.	
Contrast 1		60109,7500		5812,6693		10,341	3,6			,001	
Contrast 2		48312,0000		9433,8059		5,121	3,4			,010	
Contrast 3		55302,7500		7549,4772		7,325	3,4			,003	
Contrast 4		48947,2500		5943,0639		8,236	3,6			,002	

----- O N E W A Y -----

systeme acacia dans le village de Zouzouvou
 temps de travaux en homme-jour.

Variable OZA5
 By Variable GMZA

Analysis of Variance

Source	D.F.	Squares	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	31473,0000	4496,1429	8,1201	,0000	
Within Groups	24	13289,0000	553,7083			
Total	31	44762,0000				

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	4	585,2500	21,3600	10,6800	551,2620 TO 619,2380
Grp 2	4	538,0000	25,5734	12,7867	497,3076 TO 578,6924
Grp 3	4	585,2500	21,3600	10,6800	551,2620 TO 619,2380
Grp 4	4	538,0000	25,5734	12,7867	497,3076 TO 578,6924
Grp 5	4	555,2500	14,7507	7,3754	531,7787 TO 578,7213
Grp 6	4	498,5000	29,7825	14,8913	451,1100 TO 545,8900
Grp 7	4	555,2500	14,7507	7,3754	531,7787 TO 578,7213
Grp 8	4	498,5000	29,7825	14,8913	451,1100 TO 545,8900
Total	32	544,2500	37,9992	6,7174	530,5498 TO 557,9502

ONEWAY

Variable OZA5
 By Variable GMZA

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	30,0000	16,6389	1,803	24,0	,084
Contrast 2	39,5000	16,6389	2,374	24,0	,026
Contrast 3	30,0000	16,6389	1,803	24,0	,084
Contrast 4	39,5000	16,6389	2,374	24,0	,026

	Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	30,0000	12,9791	2,311	5,3	,066
Contrast 2	39,5000	19,6278	2,012	5,9	,092
Contrast 3	30,0000	12,9791	2,311	5,3	,066
Contrast 4	39,5000	19,6278	2,012	5,9	,092

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
,8796	7	24	,537

système acacia dans le village de Zouzouvou
rendement du maïs après simulationVariable MZA1
By Variable GMZA

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	8506362,779	1215194,683	13,2694	,0000
Within Groups	24	2197882,575	91578,4406		
Total	31	10704245,35			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mean
Grp 1	4	1785,1150	288,2880	144,1440	1326,3912	TO 2243,8388
Grp 2	4	1502,2475	555,2054	277,6027	618,8046	TO 2385,6904
Grp 3	4	1584,9400	409,7713	204,8856	932,9120	TO 2236,9680
Grp 4	4	1442,9050	314,0371	157,0185	943,2092	TO 1942,6008
Grp 5	4	648,5500	148,6509	74,3254	412,0168	TO 885,0832
Grp 6	4	550,5000	129,0723	64,5362	345,1201	TO 755,8799
Grp 7	4	555,0300	171,9692	85,9846	281,3926	TO 828,6674
Grp 8	4	511,8750	80,0162	40,0081	384,5532	TO 639,1968
Total	32	1072,6453	587,6208	103,8777	860,7854	TO 1284,5052

----- O N E W A Y -----

Variable MZA1
By Variable GMZA

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1136,5650	213,9842	5,311	24,0	,000
Contrast 2	951,7475	213,9842	4,448	24,0	,000
Contrast 3	1029,9100	213,9842	4,813	24,0	,000
Contrast 4	931,0300	213,9842	4,351	24,0	,000

	Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1136,5650	162,1782	7,008	4,5	,001
Contrast 2	951,7475	285,0056	3,339	3,3	,038
Contrast 3	1029,9100	222,1969	4,635	4,0	,010
Contrast 4	931,0300	162,0354	5,746	3,4	,007

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
2,5282	7	24	,042

Variable MZA2
By Variable GMZA

système acacia dans le village de Zouzouvou
revenu brut lié au maïs après simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	51546119953	7363731422	29,3969	,0000
Within Groups	24	6011846710	250493612,9		
Total	31	57557966663			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	4	120028,5668	15077,5084	7538,7542	96037,2348 TO 144019,8987
Grp 2	4	105234,5443	29037,2432	14518,6216	59030,4818 TO 151438,6067
Grp 3	4	109559,3620	21431,0680	10715,5340	75458,2458 TO 143660,4782
Grp 4	4	102130,8793	16424,0607	8212,0304	75996,9132 TO 128264,8453
Grp 5	4	33919,1650	7774,4396	3887,2198	21548,4765 TO 46289,8535
Grp 6	4	28791,1500	6750,4829	3375,2415	18049,7813 TO 39532,5187
Grp 7	4	29028,0690	8993,9885	4496,9942	14716,8342 TO 43339,3038
Grp 8	4	26771,0625	4184,8476	2092,4238	20112,1329 TO 33429,9921
Total	32	69432,8498	43089,5417	7617,2268	53897,4130 TO 84968,2867

----- O N E W A Y -----

Variable MZA2
By Variable GMZA

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	86109,4018	11191,3720	7,694	24,0	,000
Contrast 2	76443,3943	11191,3720	6,831	24,0	,000
Contrast 3	80531,2930	11191,3720	7,196	24,0	,000
Contrast 4	75359,8168	11191,3720	6,734	24,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	86109,4018	8481,9392	10,152	4,5	,000
Contrast 2	76443,3943	14905,7918	5,128	3,3	,011
Contrast 3	80531,2930	11620,9133	6,930	4,0	,002
Contrast 4	75359,8168	8474,4132	8,893	3,4	,002

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
2,5283	7	24	,042

système de culture en couloir à base du annexe 5
 leuceana et du gliricidia à Zouzouvou.
 rendement du maïs après simulation.

Variable MZC1
 By Variable GMZC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	25882594,33	3697513,476	39,8490	,0000
Within Groups	128	11876891,72	92788,2166		
Total	135	37759486,05			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	17	2060,3524	691,6290	167,7447	1704,7496 TO 2415,9552
Grp 2	17	1027,4459	124,0926	30,0969	963,6434 TO 1091,2484
Grp 3	17	1465,0094	264,5302	64,1580	1329,0005 TO 1601,0183
Grp 4	17	961,3906	297,2314	72,0892	808,5683 TO 1114,2129
Grp 5	17	916,3012	213,2311	51,7161	806,6678 TO 1025,9345
Grp 6	17	684,9182	161,1406	39,0823	602,0674 TO 767,7691
Grp 7	17	843,0841	80,1097	19,4294	801,8955 TO 884,2727
Grp 8	17	683,3429	111,2746	26,9881	626,1308 TO 740,5551
Total	136	1080,2306	528,8666	45,3499	990,5424 TO 1169,9188

----- O N E W A Y -----

Variable MZC1
 By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1144,0512	104,4809	10,950	128,0	,000
Contrast 2	342,5276	104,4809	3,278	128,0	,001
Contrast 3	621,9253	104,4809	5,953	128,0	,000
Contrast 4	278,0476	104,4809	2,661	128,0	,009

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1144,0512	175,5358	6,517	19,0	,000
Contrast 2	342,5276	49,3280	6,944	30,0	,000
Contrast 3	621,9253	67,0355	9,278	18,9	,000
Contrast 4	278,0476	76,9754	3,612	20,4	,002

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
15,2888	7	128	,000

Variable MZA4 système acacia dans le village de Zouzouvou
 By Variable GMZA marge nette liée au maïs après simulation

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
etween Groups	7	39812113260	5687444751	20,4836	,0000
ithin Groups	24	6663803382	277658474,3		
otal	31	46475916642			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
rp 1	4	50873,7500	16714,6957	8357,3479	24277,3255 TO 77470,1745
rp 2	4	49690,7500	30145,2403	15072,6201	1723,6425 TO 97657,8575
rp 3	4	40404,5000	22652,1162	11326,0581	4360,4519 TO 76448,5481
rp 4	4	46587,0000	17417,4321	8708,7160	18872,3814 TO 74301,6186
rp 5	4	-25886,7500	7619,4474	3809,7237	-38010,8150 TO -13762,6850
rp 6	4	-16577,3000	7957,3171	3978,6586	-29238,9833 TO -3915,6167
rp 7	4	-30777,6810	8317,0623	4158,5312	-44011,7909 TO -17543,5711
rp 8	4	-18597,4375	5110,5305	2555,2652	-26729,3138 TO -10465,5612
otal	32	11964,6039	38719,8027	6844,7588	-1995,3740 TO 25924,5818

--- O N E W A Y ---

Variable MZA4
 By Variable GMZA

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
ontrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
ontrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
ontrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
ontrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
ontrast 1	76760,5000	11782,5819	6,515	24,0	,000
ontrast 2	66268,0500	11782,5819	5,624	24,0	,000
ontrast 3	71182,1810	11782,5819	6,041	24,0	,000
ontrast 4	65184,4375	11782,5819	5,532	24,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
ontrast 1	76760,5000	9184,7296	8,357	4,2	,001
ontrast 2	66268,0500	15588,8935	4,251	3,4	,018
ontrast 3	71182,1810	12065,3625	5,900	3,8	,005
ontrast 4	65184,4375	9075,8534	7,182	3,5	,003

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
3,2400	7	24	,014

Variable MZC2
 By Variable GMZC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	1,0116E+11	14450729820	56,9369	,0000
Within Groups	128	32486718683	253802489,7		
Total	135	1,3364E+11			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	17	119756,4337	36172,2028	8773,0478	101158,4029 TO 138354,4644
Grp 2	17	65735,3990	6490,0908	1574,0782	62398,5022 TO 69072,2959
Grp 3	17	88620,0439	13834,9065	3355,4577	81506,7913 TO 95733,2966
Grp 4	17	62280,7278	15545,1818	3770,2604	54288,1327 TO 70273,3228
Grp 5	17	47922,5392	11151,9536	2704,7460	42188,7337 TO 53656,3447
Grp 6	17	35821,1899	8427,6344	2044,0016	31488,1001 TO 40154,2797
Grp 7	17	44093,2932	4189,7258	1016,1578	41939,1350 TO 46247,4514
Grp 8	17	35738,8204	5819,6366	1411,4692	32746,6394 TO 38731,0015
Total	136	62496,0559	31463,3034	2697,9560	57160,3290 TO 67831,7828

----- O N E W A Y -----

Variable MZC2
 By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

		Pooled Variance Estimate				
		Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	71833,8945	5464,3496	13,146	128,0	,000	
Contrast 2	29914,2092	5464,3496	5,474	128,0	,000	
Contrast 3	44526,7507	5464,3496	8,149	128,0	,000	
Contrast 4	26541,9073	5464,3496	4,857	128,0	,000	

		Separate Variance Estimate				
		Value	S. Error	T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	71833,8945	9180,5239	7,825	19,0	,000	
Contrast 2	29914,2092	2579,8575	11,595	30,0	,000	
Contrast 3	44526,7507	3505,9482	12,700	18,9	,000	
Contrast 4	26541,9073	4025,8054	6,593	20,4	,000	

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
15,2888	7	128	,000

Variable OZC1
 By Variable GMZC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	2558870,952	365552,9932	18,0860	,0000
Within Groups	128	2587124,322	20211,9088		
Total	135	5145995,274			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean		
Grp 1	17	754,7079	253,3440	61,4449	624,4504	TO	884,9653
Grp 2	17	379,1312	45,7910	11,1059	355,5876	TO	402,6747
Grp 3	17	615,5506	111,1470	26,9571	558,4041	TO	672,6971
Grp 4	17	400,5794	123,8463	30,0371	336,9035	TO	464,2553
Grp 5	17	763,5841	177,6921	43,0967	672,2233	TO	854,9449
Grp 6	17	622,6524	146,4911	35,5293	547,3336	TO	697,9711
Grp 7	17	702,5700	66,7579	16,1912	668,2463	TO	736,8937
Grp 8	17	621,2206	101,1583	24,5345	569,2098	TO	673,2314
Total	136	607,4995	195,2396	16,7417	574,3897	TO	640,6094

----- O N E W A Y -----

Variable OZC1
 By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate		T Prob.
			T Value	D.F.	
Contrast 1	-8,8763	48,7634	-,182	128,0	,856
Contrast 2	-243,5212	48,7634	-4,994	128,0	,000
Contrast 3	-87,0194	48,7634	-1,785	128,0	,077
Contrast 4	-220,6412	48,7634	-4,525	128,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate		T Prob.
			T Value	D.F.	
Contrast 1	-8,8763	75,0520	-,118	28,7	,907
Contrast 2	-243,5212	37,2246	-6,542	19,1	,000
Contrast 3	-87,0194	31,4458	-2,767	26,2	,010
Contrast 4	-220,6412	38,7836	-5,689	30,8	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
8,5466	7	128	,000

Variable MZC4
 By Variable GMZC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	36404865961	5200695137	20,1585	,0000
Within Groups	128	33022761060	257990320,8		
Total	135	69427627021			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	17	37362,7695	35464,4267	8601,3869	19128,6436 TO 55596,8953
Grp 2	17	-4699,6328	7555,1269	1832,3874	-8584,1207 TO -815,1450
Grp 3	17	6226,3797	14414,8122	3496,1055	-1185,0329 TO 13637,7923
Grp 4	17	-8154,3041	16411,2823	3980,3206	-16592,2069 TO 283,5988
Grp 5	17	-11840,9902	11079,0712	2687,0695	-17537,3230 TO -6144,6573
Grp 6	17	-11914,2219	9514,7483	2307,6654	-16806,2541 TO -7022,1897
Grp 7	17	-15670,2362	4640,5913	1125,5087	-18056,2081 TO -13284,2643
Grp 8	17	-11996,5913	6098,2556	1479,0442	-15132,0251 TO -8861,1576
Total	136	-2585,8534	22677,7141	1944,5979	-6431,6699 TO 1259,9630

ONEWAY

Variable MZC4
 By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	49203,7596	5509,2470	8,931	128,0	,000
Contrast 2	7214,5891	5509,2470	1,310	128,0	,193
Contrast 3	21896,6159	5509,2470	3,975	128,0	,000
Contrast 4	3842,2872	5509,2470	,697	128,0	,487

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	49203,7596	9011,3372	5,460	19,1	,000
Contrast 2	7214,5891	2946,6869	2,448	30,4	,020
Contrast 3	21896,6159	3672,8087	5,962	19,3	,000
Contrast 4	3842,2872	4246,2365	,905	20,3	,376

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
13,3796	7	128	,000

annexe 5
 système de culture en couloir à base du leuceana et du gliricidia à Zouzouvou.
 Temps de travaux en homme-jour.

Variable OZC5
 By Variable GMZC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	104020,7675	14860,1096	15,9910	,0000
Within Groups	128	118948,0258	929,2815		
Total	135	222968,7933			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mean
Grp 1	17	601,6719	33,4956	8,1239	584,4500	TO 618,8938
Grp 2	17	573,4118	31,0907	7,5406	557,4264	TO 589,3971
Grp 3	17	601,6719	33,4956	8,1239	584,4500	TO 618,8938
Grp 4	17	573,4118	31,0907	7,5406	557,4264	TO 589,3971
Grp 5	17	554,7647	29,1409	7,0677	539,7818	TO 569,7476
Grp 6	17	525,7059	27,9168	6,7708	511,3524	TO 540,0594
Grp 7	17	554,7647	29,1409	7,0677	539,7818	TO 569,7476
Grp 8	17	525,7059	27,9168	6,7708	511,3524	TO 540,0594
Total	136	563,8886	40,6401	3,4849	556,9966	TO 570,7806

----- O N E W A Y -----

Variable OZC5
 By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	46,9072	10,4560	4,486	128,0	,000
Contrast 2	47,7059	10,4560	4,563	128,0	,000
Contrast 3	46,9072	10,4560	4,486	128,0	,000
Contrast 4	47,7059	10,4560	4,563	128,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	46,9072	10,7680	4,356	31,4	,000
Contrast 2	47,7059	10,1343	4,707	31,6	,000
Contrast 3	46,9072	10,7680	4,356	31,4	,000
Contrast 4	47,7059	10,1343	4,707	31,6	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
,2117	7	128	,982

Variable OZC4
 By Variable GMZC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	7	12411515284	1773073612	28,7854	,0000
Within Groups	128	7884317261	61596228,60		
Total	135	20295832546			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean	
Grp 1	17	-30922,4431	12742,3951	3090,4848	-37473,9782	TO -24370,9080
Grp 2	17	-38606,4713	3983,9477	966,2492	-40654,8282	TO -36558,1144
Grp 3	17	-38200,3685	6752,6332	1637,7541	-41672,2521	TO -34728,4848
Grp 4	17	-37484,7286	7599,5927	1843,1720	-41392,0786	TO -33577,3786
Grp 5	17	-19828,0801	9278,2742	2250,3120	-24598,5285	TO -15057,6316
Grp 6	17	-15170,6937	8773,0736	2127,7829	-19681,3919	TO -10659,9955
Grp 7	17	-23019,1184	4071,7481	987,5440	-25112,6181	TO -20925,6187
Grp 8	17	-15245,5750	5616,5084	1362,2034	-18133,3172	TO -12357,8328
Total	136	-27309,6848	12261,3009	1051,3979	-29389,0264	TO -25230,3433

ONEWAY

Variable OZC4
 By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	-11094,3631	2691,9538	-4,121	128,0	,000
Contrast 2	-23435,7776	2691,9538	-8,706	128,0	,000
Contrast 3	-15181,2501	2691,9538	-5,639	128,0	,000
Contrast 4	-22239,1536	2691,9538	-8,261	128,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	-11094,3631	3822,9570	-2,902	29,2	,007
Contrast 2	-23435,7776	2336,8991	-10,029	22,3	,000
Contrast 3	-15181,2501	1912,4544	-7,938	26,3	,000
Contrast 4	-22239,1536	2291,9164	-9,703	29,5	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
5,3229	7	128	,000

Variable OZC3
By Variable GMZC

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0	,0
Contrast 3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0	,0
Contrast 4	,0	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate		T Prob.
			T Value	D.F.	
Contrast 1	22629,9412	909,6661	24,877	128,0	,000
Contrast 2	22699,4118	909,6661	24,954	128,0	,000
Contrast 3	22629,9412	909,6661	24,877	128,0	,000
Contrast 4	22699,4118	909,6661	24,954	128,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate		T Prob.
			T Value	D.F.	
Contrast 1	22629,9412	936,8104	24,156	31,4	,000
Contrast 2	22699,4118	881,6865	25,745	31,6	,000
Contrast 3	22629,9412	936,8104	24,156	31,4	,000
Contrast 4	22699,4118	881,6865	25,745	31,6	,000

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
,2117	7	128	,982

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

O N E W A Y

Variable OEM5
By Variable GOEM1

Temps de travaux agricole (hj) dans le
système avec etsans mucuna à Eglime .
1. premier contraste : variété NH2
2. deuxième contraste : variété locale

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	37,5556	12,5185	,0306	,9927
Within Groups	68	27861,5556	409,7288		
Total	71	27899,1111			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int	for Mean
Grp 1	18	518,6111	20,9934	4,9482	508,1713	TO 529,0509
Grp 2	18	518,6111	20,9934	4,9482	508,1713	TO 529,0509
Grp 3	18	517,1667	19,4611	4,5870	507,4889	TO 526,8445
Grp 4	18	517,1667	19,4611	4,5870	507,4889	TO 526,8445
Total	72	517,8889	19,8228	2,3361	513,2307	TO 522,5470

GROUP	MINIMUM	MAXIMUM
Grp 1	476,0000	551,0000
Grp 2	476,0000	551,0000
Grp 3	478,0000	551,0000
Grp 4	478,0000	551,0000
TOTAL	476,0000	551,0000

O N E W A Y

Variable OEM5
By Variable GOEM1

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4
Contrast 1	1,0	,0	-1,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1,4444	6,7473	,214	68,0	,831
Contrast 2	1,4444	6,7473	,214	68,0	,831

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	1,4444	6,7473	,214	33,8	,832
Contrast 2	1,4444	6,7473	,214	33,8	,832

O N E W A Y

Variable OEM1
By Variable GOEM1

Rendements agricole dans le système avec
et sans mucuna à Eglime.

1. premier contraste : variété NH2
2. deuxième contraste : variété locale

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	6105841,417	2035280,472	53,8589	,0000
Within Groups	68	2569660,478	37789,1247		
Total	71	8675501,894			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean		
Grp 1	18	699,8278	171,5507	40,4349	614,5176	TO	785,1380
Grp 2	18	936,5669	299,5626	70,6076	787,5980	TO	1085,5359
Grp 3	18	231,1889	111,6469	26,3154	175,6682	TO	286,7096
Grp 4	18	292,9394	139,7285	32,9343	223,4541	TO	362,4248
Total	72	540,1308	349,5571	41,1957	457,9889	TO	622,2727

GROUP	MINIMUM	MAXIMUM
Grp 1	428,5800	1219,5000
Grp 2	445,7000	1477,2700
Grp 3	55,5500	378,0000
Grp 4	112,7000	541,6000
TOTAL	55,5500	1477,2700

O N E W A Y

Variable OEM1
By Variable GOEM1

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4
Contrast 1	1,0	,0	-1,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	468,6389	64,7981	7,232	68,0	,000
Contrast 2	643,6275	64,7981	9,933	68,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	468,6389	48,2440	9,714	29,2	,000
Contrast 2	643,6275	77,9109	8,261	24,1	,000

O N E W A Y

Marges nettes dans le système avec et sans mucuna à Eglime .

1. premier contraste : variété NH2

2. deuxième contraste : variété locale

Variable OEM4
By Variable GOEM1

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	43701076514	14567025505	136,4001	,0000
Within Groups	68	7262146240	106796268,2		
Total	71	50963222754			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean		
Grp 1	18	8957,8333	9448,3741	2227,0031	4259,2673	TO	13656,3993
Grp 2	18	21339,3889	15809,8748	3726,4232	13477,3230	TO	29201,4548
Grp 3	18	-34901,4444	6165,9737	1453,3339	-37967,7111	TO	-31835,1778
Grp 4	18	-31671,7778	7066,9603	1665,6985	-35186,0945	TO	-28157,4611
Total	72	-9069,0000	26791,6381	3157,4248	-15364,7265	TO	-2773,2735

GROUP	MINIMUM	MAXIMUM
Grp 1	-6393,0000	37669,0000
Grp 2	-5933,0000	47931,0000
Grp 3	-45268,0000	-26793,0000
Grp 4	-42376,0000	-18926,0000
TOTAL	-45268,0000	47931,0000

O N E W A Y

Variable OEM4
By Variable GOEM1

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4
Contrast 1	1,0	,0	-1,0	,0
Contrast 2	,0	1,0	,0	-1,0

	Value	S. Error	Pooled Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	43859,2778	3444,7427	12,732	68,0	,000
Contrast 2	53011,1667	3444,7427	15,389	68,0	,000

	Value	S. Error	Separate Variance Estimate T Value	D.F.	T Prob.
Contrast 1	43859,2778	2659,2711	16,493	29,3	,000
Contrast 2	53011,1667	4081,7621	12,987	23,5	,000

O N E W A Y

Variable MZM1 Effet de la jachère mucuna sur le rendement du mais.
By Variable GMZM

Contrast Coefficient Matrix

Contrast	1	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8	
		1,0	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	
		Value		S. Error		Pooled Variance Estimate		T Value D.F.		T Prob.
Contrast 1		3819,8090		207,3806		18,419		72,0		,000
		Value		S. Error		Separate Variance Estimate		T Value D.F.		T Prob.
Contrast 1		3819,8090		207,3806		18,419		60,7		,000

O N E W A Y

Variable OZA1 Effet de la jachère acacia sur le rendement du mais.
By Variable GMZA

Contrast Coefficient Matrix

Contrast	1	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8	
		1,0	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	
		Value		S. Error		Pooled Variance Estimate		T Value D.F.		T Prob.
Contrast 1		2773,4750		255,2911		10,864		24,0		,000
		Value		S. Error		Separate Variance Estimate		T Value D.F.		T Prob.
Contrast 1		2773,4750		255,2911		10,864		11,1		,000

O N E W A Y

Variable OZC1 Effet des couloirs et des haies du leuceana
By Variable GMZC et du gliricidia sur le rendement du mais.

Contrast Coefficient Matrix

Contrast	1	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8	
		1,0	1,0	1,0	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	
		Value		S. Error		Pooled Variance Estimate		T Value D.F.		T Prob.
Contrast 1		-560,0580		97,5269		-5,743		128,0		,000
		Value		S. Error		Separate Variance Estimate		T Value D.F.		T Prob.
Contrast 1		-560,0580		97,5269		-5,743		68,6		,000

----- O N E W A Y -----

annexe 5

Variable MZM1
By Variable GMZM

Effet de la variété de maïs dans
le système mucuna (sur le rendement du maïs).

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	1,0	-1,0	-1,0	,0	,0	,0	,0
		Value	S. Error	T Value	D.F.	Pooled Variance Estimate		
Contrast 1		909,8200	146,6402	6,204	72,0	,000		
		Value	S. Error	T Value	D.F.	Separate Variance Estimate		
Contrast 1		909,8200	153,7149	5,919	31,9	,000		

----- O N E W A Y -----

Variable MZA1
By Variable GMZA

Effet de la variété de maïs dans
le système acacia (sur le rendement du maïs).

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	1,0	-1,0	-1,0	,0	,0	,0	,0
		Value	S. Error	T Value	D.F.	Pooled Variance Estimate		
Contrast 1		259,5175	302,6193	,858	24,0	,400		
		Value	S. Error	T Value	D.F.	Separate Variance Estimate		
Contrast 1		259,5175	405,5536	,640	9,3	,538		

----- O N E W A Y -----

Variable MZC1
By Variable GMZC

Effet de la variété de maïs dans le système
de culture en couloir à base du leuceana et
du gliricidia (sur le rendement du maïs).

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8
Contrast 1	1,0	1,0	-1,0	-1,0	,0	,0	,0	,0
		Value	S. Error	T Value	D.F.	Pooled Variance Estimate		
Contrast 1		661,3982	147,7583	4,476	128,0	,000		
		Value	S. Error	T Value	D.F.	Separate Variance Estimate		
Contrast 1		661,3982	195,8499	3,377	28,1	,002		

Effet de l'application d'engrais dans
le système mucuna sur le rendement du maïs.

Variable MZM1
By Variable GMZM

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8	
Contrast 1	1,0	-1,0	1,0	-1,0	,0	,0	,0	,0	
		Value	S. Error	Pooled Variance Estimate		T Value	D.F.	T Prob.	
Contrast 1		554,7080	146,6402	3,783		72,0		,000	
		Value	S. Error	Separate Variance Estimate		T Value	D.F.	T Prob.	
Contrast 1		554,7080	153,7149	3,609		31,9		,001	

----- O N E W A Y -----

Variable MZA1
By Variable GMZA

Effet de l'application d'engrais dans
le système acacia sur le rendement du maïs.

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8	
Contrast 1	1,0	-1,0	1,0	-1,0	,0	,0	,0	,0	
		Value	S. Error	Pooled Variance Estimate		T Value	D.F.	T Prob.	
Contrast 1		424,9025	302,6193	1,404		24,0		,173	
		Value	S. Error	Separate Variance Estimate		T Value	D.F.	T Prob.	
Contrast 1		424,9025	405,5536	1,048		9,3		,321	

----- O N E W A Y -----

Variable MZC1
By Variable GMZC

Effet de l'application d'engrais dans le
système de culture en couloir à base du leuceana
et du glyricidia sur le rendement du maïs.

Contrast Coefficient Matrix

	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 5	Grp 6	Grp 7	Grp 8	
Contrast 1	1,0	-1,0	1,0	-1,0	,0	,0	,0	,0	
		Value	S. Error	Pooled Variance Estimate		T Value	D.F.	T Prob.	
Contrast 1		1536,5253	147,7583	10,399		128,0		,000	
		Value	S. Error	Separate Variance Estimate		T Value	D.F.	T Prob.	
Contrast 1		1536,5253	195,8499	7,845		28,1		,000	

***** MULTIPLE REGRESSION *****

Annexe 6 Deletion of Missing Data

	Mean	Std Devia	Label
RDTZ1	503.219	138.718	Adjusted (Press) Predicted Value
TXZ1	35480.904	19754.390	

N of Cases = 14

Correlation. 1-tailed Sig:

	RDTZ1	TXZ1	
RDTZ1	1.000	-.946	RDTZ1 = rendement du maïs sur les sols ferrallitiques médiocres de Zouzouvou.
		.000	
TXZ1	-.946	1.000	TXZ1 = taux de dégradation correspondant
	.000		

***** MULTIPLE REGRESSION *****

Equation Number 1 Dependent Variable.. RDTZ1 Adjusted (Press) Predicted V

Descriptive Statistics are printed on Page 2

Block Number 1. Method: Enter TXZ1

Variable(s) Entered on Step Number

1.. TXZ1

Multiple R .94599
 R Square .89489
 Adjusted R Square .88613
 Standard Error 46.80944

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	1	223860.29810	223860.29810
Residual	12	26293.48618	2191.12385

F = 102.16688 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
TXZ1	-.006643	6.5720E-04	-.945987	-10.108	.0000
(Constant)	738.912199	26.462083		27.923	.0000

End Block Number 1 All requested variables entered.

Annexe 6

Deletion of Missing Data

	Mean	Std Devia	Label
RDTZ2	781.911	75.846	
TXZ2	41025.560	31687.557	

N of Cases = 17

Correlation, 1-tailed Sig:

	RDTZ2	TXZ2
RDTZ2	1.000	-.829 .000
TXZ2	-.829 .000	1.000

RDTZ2 = rendement du maïs sur les
sols ferrallitiques moyens
de Zouzouvou.

TXZ2 = taux de dégradation correspondant

***** MULTIPLE REGRESSION *****

Equation Number 1 Dependent Variable.. RDTZ2

Descriptive Statistics are printed on Page 4

Block Number 1. Method: Enter TXZ2

Variable(s) Entered on Step Number
1.. TXZ2

Multiple R .82853
R Square .68646
Adjusted R Square .66556
Standard Error 43.86235

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	1	63183.02277	63183.02277
Residual	15	28958.53248	1930.56850

F = 32.34102 Signif F = .0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
TXZ2	-.001983	3.4605E-04	-.828530	-5.731	.0000
(Constant)	863.270362	17.740538		48.661	.0000

End Block Number 1 All requested variables entered

Annexe 6

années	sol ferrallitique médiocre-Zouzouvou.		sol ferrallitique moyen-Zouzouvou.	
	rendements(kg/ha)	taux d'érosion(kg/ha)	rendements(kg/ha)	taux d'érosion(kg/ha)
1993	419	35481	652	41026
1994	394	40325	643	46016
1995	367	45169	634	51006
1996	341	50013	626	55996
1997	314	54857	618	60986
1998	287	59701	609	65976
1999	261	64545	601	70966
2000	234	69389	593	75956
2001	208	74233	585	80946
2002	181	79077	576	85936
2003	154	83921	568	90926
2004	128	88765	560	95916
2005	101	93609	551	100906
2006	74	98453	543	105896
2007	48	103297	535	110886
2008	21	108141	526	115876
2009	0	112985	518	120866
2010	0	117829	510	125856
2011	0	122673	501	130846
2012	0	127517	493	135836
2013	0	132361	485	140826
2014	0	137205	476	145816
2015	0	142049	468	150806
2016	0	146893	460	155796
2017	0	151737	451	160786
2018	0	156581	443	165776
2019	0	161425	435	170766
2020	0	166269	426	175756

Tableau : VAN des systèmes de conservation en fonction de l'horizon temporel.

Horizons temporels	Valeurs actuelles nettes financières dans:				
	syst. trad. méd	syst. mucuna	syst. acacia	syst. trad. moy	syst. couloir
0	-22576	-5186	-142411	-12729.2867	-460825
1	-41676	38516	-193431	-23613	-471126
2	-57798	77535	-238985	-33510	-433156
3	-71305	112374	34889	-42253	-399255
4	-82573	143479	52448	-49974	-368986
5	-91927	171253	68126	-56793	-341960
6	-99646	196050	82125	-62815	-317830
7	-105975	218191	94623	-68131	-296285
8	-111122	237959	105782	-72824	-277049
9	-115267	255609	115746	-76966	-259873
10	-118568	271368	133985	-80622	-239364

Horizons temporels	Valeurs actuelles nettes économiques ds:		
	syst. mucuna	syst. acacia	syst. couloir
0	-5186	-85268	-460518
1	38516	-85268	-470549
2	77535	-85268	-432579
3	112374	188606	-398678
4	143479	206165	-368409
5	171253	221844	-341383
6	196050	235842	-317253
7	218191	248340	-295708
8	237959	259500	-276472
9	255609	269463	-259296
10	271368	287703	-238787

Sources : nos propres estimations, 1994

syst. = système

trad. = traditionnel

méd. = médiocre

moy. = moyen

ANNEXE 8

Tableau 2 : Evolutions comparées des productions, des emblavures et des rendements de 1980 à 1991 (en %) en République du Bénin.

Cultures	Croissance de la production	Croissance des rendements	Croissance des emblavures
Maïs	64,5	37	26
Sorgho	97	21	65
Mil	315	24	238
Manioc	116	35	61
Igname	66	13	45
Haricot	92	16	67
Arachide	27,5	4	25
Coton	1000	47	500

Source: Construit d'après les données du MDRAC, 1994.

Tableau 3 : Utilisation moyenne des terres (période de 1982 à 1985)

Départements	Superf.cultivées (1) (1000 ha)	Superf.cultivable (2) (1000 ha)	Rapport (1)/(2)en %
Atacora	164,0	1810	9,0
Borgou	144,9	2890	5,0
Zou	204,4	1450	14,0
Ouémé	236,0	360	66,0
Atlantique	128,3	240	53,5
Mono	84,2	300	28,0
Total	961,8	7050	14,0

Source: Extrait du rapport de programme de coopération FAO/Banque Mondiale, 1989.

Thèse de Doctorat de 3ème Cycle
Economique
en Sciences Economiques

QUENUM Yves Bonaventure

Vu et approuvé

Abidjan le 3 Avril 1995

Le Directeur de Thèse

Robert DEUSON, Ph.D.

TITRE

ANALYSE ECONOMIQUE DE LA DEGRADATION DES SOLS
ET LA RENTABILITE DES SYSTEMES BIOLOGIQUES
DE CONSERVATION SUR LE PLATEAU ADJA.
(SUD-OUEST BENIN)

Vu et approuvé

Abidjan, le 3 Avril 1995

Le Doyen de la Faculté
des Sciences Economiques
et de Gestion

Prof. ALLECHI M'Bet

Vu et Permis d'imprimer

Abidjan, le Avril 1995

Le Recteur de l'Université
Nationale de Côte d'Ivoire

Prof SEMI BI ZAN