UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Analyse de l’adoption des bonnes pratiques agro-environnementales et de l’impact sur le rendement des exploitants de la commune Muramvya au Burundi

Sindayigaya, Eloi

2023-08

UB, Faculté des Sciences Economiques et Administratives

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/372

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

MASTER EN ECONOMIE RURALE, SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE

==========

ANALYSE DE L'ADOPTION DES BONNES PRATIQUES AGRO-ENVIRONNEMENTALES ET DE L'IMPACT SUR LE RENDEMENT DES EXPLOITANTS DE LA COMMUNE MURAMVYA AU BURUNDI

Par :

SINDAYIGAYA Eloi

Mémoire

présenté et soutenu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Economie Rurale, Sociale et Environnementale

Option : Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles

Sous la direction de :

Dr. Ir. Salvator NDABIRORERE

Bujumbura, Août 2023

MEMBRES DU JURY

Président : Pr. Willy Marcel NDAYITWAYEKO

Directeur : Dr. Ir. Salvator NDABIRORERE

Secrétaire : Dr. Théogène NSENGIYUMVA

DEDICACES

A mon regretté père ;

A ma mère ;

A mes frères et sœurs et à ses enfants ;

Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Directeur de mémoire Dr Salvator NDABIRORERE pour accepter de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé tout au long de ce travail.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tous les professeurs du cycle de Master en Sciences Economiques et de Gestion de l'Université du Burundi en général et de l'Economie Rurale, Sociale et de l'Environnement en particulier pour la formation inconditionnelle et bien enrichie ; leur gentillesse, leur disponibilité ainsi que leur soutien qu'ils ont manifestés à notre égard. J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie mes parents, mes frères et sœurs qui ont toujours été là pour moi et pour leur encouragement. Je tiens à remercier très spécialement Madame SINDAYIGAYA Alice pour sa compréhension et son soutien inconditionnel.

Mes sincères remerciements vont également à l'endroit de la famille NIMPAGARITSE Vincent pour la bonne cohabitation durant tout le temps qu'a pris ce cursus de formation, leurs conseils, soutien et encouragement m'a rendu rigoureux et assidu au travail.

Je remercie, enfin tous mes amis que j'aime tant et à qui je dois une sincère amitié et confiance à ceux-ci je tiens à citer particulièrement Ir NIYONGABO Floribert pour la reconnaissance et l'attachement.

Je passe ensuite un salut particulier à tous les étudiants que j'ai eus le plaisir de côtoyer durant ces années au sein de l'Université du Burundi pour lesquels j'ai partagé les bons moments il s'agit des étudiants de la troisième promotion de Master en Economie.

Enfin, ce travail n'aurait pas vu le jour si mes parents n'avaient pas été toujours là pour moi. Sacrifiant et n'épargnant ni santé ni efforts pour leurs enfants. Ils m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de bravoure. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier.

SINDAYIGAYA Eloi

RESUME

Le problème majeur qui heurte le Burundi en général et la commune de Muramvya en particulier est l'étroitesse des terres agricoles, ce qui conduit à son tour à la baisse de fertilité et le manque des actifs environnementaux. En réponse à ce phénomène, les producteurs s'y adaptent à travers l'adoption des bonnes pratiques agro-environnementales.

Cette étude vise à évaluer les facteurs déterminant l'adoption des bonnes pratiques agricoles (BPA) et cherche aussi à identifier son effet sur le rendement des exploitants de la zone d'étude. Pour y arriver, nous avons mené une enquête auprès de 384 producteurs agricoles de la commune de Muramvya. Les estimations sont faites par le modèle Probit pour identifier les déterminants d'adoption et la méthode d'appariement par scores de propension (PSM) a été utilisée pour évaluer l'effet moyen d'adoption sur le rendement des producteurs ; trois cultures dont le maïs, le haricot et la pomme de terre ont été prises comme référence.

Les résultats de l'étude ont montré que cinq facteurs déterminent l'adoption des bonnes pratiques agricoles. Il s'agit du sexe du chef de ménage, le niveau d'étude du chef de ménage, le niveau de revenu du ménage, la possession des vaches ainsi que l'accès au crédit agricole. Les résultats montrent que les bonnes pratiques agricoles ont permis d'augmenter les rendements ; pour le maïs 3.484t/ha pour le haricot de 1.446t/ha et pour la pomme de terre de 11.781t/ha. Les résultats ont montré aussi que les pratiques environnementales telles que l'agroforesterie et les pratiques antiérosives ont aussi contribué énormément dans l'augmentation du rendement.

Mots clés : adoption, bonnes pratiques agricoles, rendement agricole, exploitants agricoles

ABSTRACT

The major problem that strikes Burundi in general and the commune of Muramvya in particular is the narrowness of agricultural land which in turn leads to the decline in fertility and the lack of environmental assets. In response to this phenomenon, producers are adapting to it by adopting good agro-environmental practices. This study aims to assess the factors determining the adoption of good agricultural practices (GAP) and also seeks to identify its effect on the performance of farmers in the study area. To achieve this, we conducted a survey of 384 agricultural producers in the municipality of Muramvya. The estimates are made by the Probit model to identify the determinants of adoption and the propensity score matching method (PSM) was used to assess the average effect of adoption on the performance of producers; three crops including maize, beans and potatoes were taken as reference. The results of the study showed that five factors determine the adoption of good agricultural practices. These are the sex of the head of household, the level of education of the head of household, the level of household income, the breeding of cows as well as access to agricultural credit. The results show that good agricultural practices have increased yields; for maize 3.484t/ha, for beans 1.446t/ha and for potatoes 11.781t/ha. The results also showed that environmental practices such as agroforestry and anti-erosion practices also contributed enormously in increasing yield

Keywords: adoption, good agricultural practices, agricultural yield, farmers

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES ..... **ix**
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **x**
AVANT-PROPOS ..... **xi**
0. INTRODUCTION GENERALE **1**
0.1. Contexte de l'étude 1
0.2. Problématique de recherche 2
0.3. Objectifs 4
0.3.1. Objectif global 4
0.3.2. Objectifs spécifiques 4
0.4. Hypothèses 5
0.5. Intérêt de la recherche 5
0.6. Organisation du document 5
CHAPITRE I. REVUE THEORIQUE ET EMPIRIQUE **7**
I.1. Cadre conceptuel 7
I.1.1. Adoption 7
I.1.2. Bonnes pratiques agricoles 8
I.1.3. Etude d'impact 9
I.1.4. Rendement 9
I.1.5. L'environnement 9
I.2. Théories économiques de la recherche 9
I.2.1. Définition 9
I.2.2. Théories de l'adoption 10
I.2.2.1. Théorie de la diffusion de l'innovation 10
I.2.2.2. Théorie sociale cognitive 11
I.2.2.3. Théorie des contraintes économiques 11

I.2.2.4. Théorie du producteur 12
I.2.2.5. Clarification Démographique (Néomalthusianisme) 13
I.3. Les pratiques agro-environnementales 15
I.3.1. Agroforesterie et ses avantages 15
I.3.1.1. Concepts et définition 15
I.3.1.2. Les bénéfices et bienfaits de l'agroforesterie 17
I.3.2. Les bonnes pratiques agricoles de lutte contre l'érosion 18
I.3.3. La gestion intégrée de la fertilité des sols 21
I.3.3.1. Les intrants organiques 22
I.3.3.2. Les engrais minéraux 22
I.4. Revue de la littérature empirique 24
Conclusion du premier chapitre 29
CHAPITRE II. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE 30
II.1. Choix de la zone d'étude 30
II.2. Description de la zone d'étude 30
II.3. Source de données et technique d'échantillonnage 32
II.3.1. Source de données 32
II.3.2. Technique d'échantillonnage 32
II.3.3. Technique de collecte des données 33
II.3.4. Méthode et outils d'analyse des données 33
II.4. Description des variables du modèle 34
II.5. Modélisation des facteurs déterminant l'adoption des BPA 38
II.5.1. Tests de la validité du modèle 40
II.5.1.1. Test de normalité des résidus 40
II.5.1.2. Test d'ajustement du modèle (ou test d'Hosmer-Lemeshow) 40
II.5.1.3. Le test de multi colinéarité 41
II.6. Modélisation de l'impact d'adoption des BPA sur le rendement 41
II.7. Principe de la méthode PSM « Propensity Score Matching » 42
II.7.1. Les hypothèses de l'appariement par scores de propension 44
II.7.2. La méthode d'estimation 45
II.7.3. Le Support commun et la qualité d'appariement 45
II.7.4. Choix de l'estimateur d'appariement 46

Conclusion du deuxième chapitre 47
CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS 48
III.1. Interprétation des résultats 48
III.1.1. Analyse descriptives des caractéristiques socioéconomiques et sociodémographiques des enquêtés 48
III.1.2. Les résultats de l'effet d'adoption des bonnes pratiques agricoles sur les trois cultures étudiées 58
III.1.3. Discussion des résultats 62
Conclusion troisième chapitre 64
CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS ET LIMITES 65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 69
ANNEXES 73

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableaux

Tableau 1 : Les avantages des pratiques agroforestières 16
Tableau 2 : Techniques de protection des sols adaptées à chaque type de terrain 18
Tableau 3 : Les variables introduites dans le modèle 37
Tableau 4 : Analyse descriptive des variables qualitatives 48
Tableau 5 : Analyse descriptive des variables quantitatives 50
Tableau 6 : Modèle estimé avec les effets marginaux 53
Tableau 7 : Evaluation de la qualité d'appariement et réduction des biais 55
Tableau 8 : Contrôle de biais standardisés des variables indépendantes 56
Tableau 9 : Effet d'adoption des BPA sur le rendement du maïs 59
Tableau 10 : Effet d'adoption des BPA sur le rendement du haricot 60
Tableau 11 : Effet d'adoption des BPA sur le rendement de la pomme de terre 61

Figures

Figure 1 : Résumé des bonnes pratiques agro-environnementales 23
Figure 2 : Carte de la commune Muramvya 31
Figure 3 : Cadre conceptuel de l'étude 38
Figure 4 : Adoption des pratiques agroforestières 51
Figure 5 : Adoption des pratiques antiérosives 52
Figure 6 : Distribution des scores de propension et support commun 57
Figure 7 : Biais standardisés avant et après appariement 58

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
a	: are
AC	: Agriculture de Conservation
ATE	: Average Treatment Effect (effet moyen du traitement)
ATT	: Average Treatment Effect on Treated
ATU	: Average Treatment Effect on Untreated
AUC	: Area Under the Curve
BM	: Banque Mondiale
BPA	: Bonnes Pratiques Agricoles
CEP	: Champs Ecoles des Producteurs
CSLPI	: Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté première génération
CSLPII	: Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté deuxième génération
DI	: Diffusion de l'Innovation
EERN	: Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles
FAO	: Food Agricultural Organisation
GES	: Gaz à Effet de Serre
GIFS	: Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols
GAP	: Good Agricultural Practices
ha	: hectare
ISABU	: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
ISTEEBU	: Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi
Km²	: Kilomètre carré
OAF	: One Acre Fund
ONU	: Organisation des Nations Unies
ONG	: Organisation non Gouvernementale
PCDC	: Plan Communal de Développement Communautaire
PIB	: Produit Intérieur Brut
PNIA	: Plan National d'Investissement Agricole
PP	: Pratiques des Producteurs
PSM	: Propensity Score Matching
ROC	: Receiver Operating Characteristic
SAN	: Stratégie Agricole Nationale
SCT	: Social Cognitive theory
VIF	: Variance Inflation

AVANT-PROPOS

Ce travail a été effectué dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de Master en Economie Rurale, Sociale et de l'Environnement. Spécialité : Economie de l'Environnement et des ressources Naturelles.

Le thème de l'étude **« Analyse de l'adoption des bonnes pratiques agro-environnementales et de l'impact sur le rendement des exploitants de la commune Muramvya au Burundi »** a été choisi afin de mieux examiner l'effet d'adoption des bonnes pratiques agricoles sur le rendement et sur l'environnement. Il a été question de constater la différence en rendement entre les exploitants adoptants les BPA et les non exploitants de ces dernières.

Pour mieux réaliser cette étude, les données primaires issues de notre enquête ont été utilisées et l'échantillonnage de 384 ménages agricoles a été choisi. Mais aussi des ouvrages généraux, des rapports ainsi que des revues documentaires ont été consultés.

Enfin, les résultats de ce travail montrent que l'adoption des bonnes pratiques agro-environnementales est d'une importance capitale dans l'augmentation du rendement agricole ainsi que dans la protection de l'environnement.

0. INTRODUCTION GENERALE

0.1. Contexte de l'étude

La demande mondiale des produits alimentaires augmente considérablement sous l'impulsion de la croissance démographique mondiale. La population mondiale qui a presque doublé au cours des cinquante dernières années, devrait atteindre neuf milliards d'individus d'ici 2050 (ONU 2017 ; Rapport intitulé *Perspectives de la population mondiale*). Le Burundi suit ce rythme d'accroissement démographique avec un taux de croissance annuelle estimé à 3,4% et la densité démographique moyenne est estimée à 374 hab. /km² (2014). Cette dernière atteint plus de 650 hab. /km² dans les provinces du nord et plus de 500 hab. /km² au Centre et à l'Ouest du Pays (ISTEEBU, 2014). Le Burundi est l'un des pays d'Afrique les plus densément peuplés avec une croissance démographique qui va en augmentant incessamment (estimée à huit millions d'habitants en 2008, *Recensement général de la population et de l'habitat* et était de 10,6 millions d'habitants en 2017(SNAD, 2022).Cet accroissement démographique et la croissance de l'urbanisation ont augmenté les besoins de consommation. Faisant du Burundi l'un des plus grands consommateurs des produits alimentaires en Afrique subsaharienne.

L'économie burundaise est basée essentiellement sur le secteur primaire où l'activité prédominante reste toujours l'agriculture associée à l'élevage qui occupe 90% de la population et est pratiquée sur 50% des terres de la superficie totale des terres du Burundi (FAO, 2020). Le secteur agricole revêt toujours d'une grande importance pour l'économie burundaise car il contribue à la hauteur de 50% du PIB et 95% des recettes d'exportation du pays et fournit 95% des apports alimentaires (PNIA ,2020). Le secteur agricole burundais consomme environ 25% des dépenses publiques (Burundi SMA,1996), néanmoins, il est caractérisé par une agriculture de subsistance essentiellement dominée par les cultures vivrières qui occupe 90% des terres cultivées par environ 1,2 million de familles rurales exploitant chacune moins d'un hectare de terre (en moyenne 0,5 ha) et dont la production est en grande partie autoconsommée par les ménages (FAO ,2020).

Il est considéré comme un secteur clé par le CSLPII non seulement de par sa contribution au PIB mais aussi, de sa création d'emplois et de son rôle dans la lutte contre l'insécurité alimentaire (SAN, 2015).

Ainsi, la promotion des bonnes pratiques agricoles modernes dans le but d'augmenter la productivité et de maintenir l'équilibre environnemental pour satisfaire la demande nationale relève d'une option stratégique de l'Etat, soutenue par les potentialités exceptionnelles dont dispose le Burundi en ressources naturelles (eau abondante, terres aptes aux diverses cultures, climat favorable autorisant au moins deux cultures par an). Les politiques visant l'autosuffisance mises en œuvre par les différents gouvernements se sont toutes montrées jusque-là inefficaces même si leurs efforts restent salutaires.

D'après Miller et al. (2010), la plupart des pays en développement dont le Burundi dépendent de leur secteur agricole pour booster leur croissance économique, assurer la sécurité alimentaire et ainsi réduire la pauvreté. D'ailleurs, la croissance du PIB provenant de l'agriculture est deux fois plus efficace pour réduire la pauvreté que la croissance du PIB associée aux secteurs non agricoles. L'agriculture dans les pays en développement génère en moyenne 29% du PIB et emploie 65% de la main-d'œuvre (BM, 2008) d'où son importance au sein de ces pays. Le secteur agricole joue un rôle primordial dans l'organisation socio-économique des burundais. Ainsi, deux types d'agriculture sont observés au Burundi : une agriculture patrimoniale dite traditionnelle et une agriculture expérimentale dite moderne.

Cette structuration de l'agriculture notamment celle dite expérimentale avec tous les problèmes qu'elle connait ainsi que l'immensité de besoins des producteurs, est fortement questionnée et mérite des réflexions. Ceci suscite des débats dans l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire qui constitue un grand pas vers l'autonomie alimentaire du Burundi.

C'est dans ce contexte qu'il est nécessaire aujourd'hui d'améliorer la production et la productivité des produits alimentaires qui présente des qualités nutritionnelles et d'importants avantages économiques, agronomiques et environnementaux. Ainsi, afin de pouvoir réaliser cette intensification de la production agricole, il convient de promouvoir une agriculture respectueuse visant à préserver l'eau, le sol et la biodiversité climatique ce qui va permettre aux exploitants agricoles de maximiser leurs rendements agricoles.

0.2. Problématique de recherche

Le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire sont inextricablement liés. La lutte contre la faim dans le monde ainsi que la perceptive de devoir nourrir une population chaque jour plus nombreuse, dans le contexte du changement climatique constituent un défi majeur de notre époque.

Ce dernier ne peut être relevé que par le biais de l'adoption des politiques intersectorielles cohérentes promouvant l'accroissement de la production agricole tout en réduisant les émissions provoquées par les activités agricoles et l'augmentation simultanée de la capacité de ce secteur à faire face aux impacts du changement climatique tout en mettant son profit en termes de lutte contre la pauvreté. L'agriculture est un secteur clé aussi bien du point de vue de ses contributions au changement climatique que des impacts que ce dernier lui afflige.

A l'heure actuelle, près d'une personne sur sept ne peut jouir du droit fondamental à l'alimentation (Rapport ONU, 2021). Selon ce rapport, le nombre de personnes touchées par la faim dans le monde a augmenté jusqu'à atteindre 828 millions en 2021, soit une hausse de 46 millions par rapport à 2020 et de 150 millions depuis l'apparition de la pandémie covi-19. Pour cela s'ajoute les conflits, les phénomènes climatiques extrêmes et les chocs économiques ; les défis visant à garantir la sécurité alimentaire sont de taille, et le changement climatique ne fera que les rendre encore plus difficile à surmonter.

Le Burundi couvre une superficie de 27834 km² dont 2700km² de lacs et 23500 km² des terres potentiellement agricoles. En outre, le Burundi possède des zones agroécologiques regorgeant d'énormes potentialités notamment en ressources et naturelles (eau, terre, climat, etc.). Le Burundi est classé, d'une part, au 2ème rang des régions les plus densément peuplées du continent africain et, d'autre part, parmi les 5 pays les plus pauvres du monde (SAN, 2008-2015). Son économie dépend fortement du secteur agricole et sa population est essentiellement rurale et tire ses moyens de subsistance d'une agriculture en général d'autosuffisance alimentaire. La superficie cultivable atteint ainsi ses limites comme facteur principal de la sécurité alimentaire et des sources de revenus (SAN, 2008-2015). La diminution de la taille des exploitations est en effet un phénomène continu en raison des modalités d'héritage qui, à chaque succession entrainent le morcellement de la surface familiale disponible en autant de parties qu'il y a d'héritiers.

Toutefois, le développement des pratiques agricoles modernes et de protection de l'environnement termes d'aménagements et en termes d'intrants de bonnes qualités, implique le passage d'une agriculture extensive (dépendante des conditions climatiques), à une agriculture intensive.

Les exigences de l'agriculture sous changement climatique nécessitent de respecter certaines normes environnementales et il est évident que compte tenu de la préoccupation générale ; les aspects biologiques, écologiques, économiques et sociaux de la durabilité des systèmes actuels de production agricole

En somme, en adoptant ces techniques, les producteurs intègrent des systèmes de production agricole durables qui seront viables sur le plan social, rentable sur le plan économique et productifs tout en protégeant la santé et le bien-être des humains et des animaux et de l'environnement.

Plusieurs études des pratiques agricoles améliorées sur la production ont été menées sans pour autant pris en considération l'apport des pratiques environnementales ; cette étude prend en compte l'impact des pratiques environnementales dont l'agroforesterie et les pratiques antiérosives sur le rendement agricole.

Ici la question centrale qui se pose est la suivante : quels sont les facteurs déterminant l'adoption de bonnes pratiques agricoles et quel est son impact sur le rendement ?Les questions plus spécifiques sont :

- ✓ Quels sont les facteurs déterminants l'adoption des BPA et quel est son impact sur le rendement des producteurs de la commune Muramvya ?
- ✓ Quel est le rendement des ménages adoptants les BPA ?
- ✓ Quel est le rendement des ménages n'ayant pas adopté les BPA ?
- ✓ Y-a-il un effet significatif d'adoption des BPA sur le rendement ?

0.3. Objectifs

0.3.1. Objectif global

L'objectif principal de notre étude est d'analyser l'adoption de bonnes pratiques agricoles et de mesurer son impact sur les rendements des exploitants.

0.3.2. Objectifs spécifiques

De manière spécifique, il s'agit de :

- ➢ Déterminer les facteurs déterminants l'adoption des BPA par les agriculteurs
- ➢ Déterminer le rendement des ménages ayant adopté les bonnes pratiques agricoles

- Déterminer le rendement des ménages n'ayant pas adopté les bonnes pratiques agricoles
- Evaluer l'effet d'adoption des BPA

0.4. Hypothèses

Les hypothèses à vérifier sont les suivantes :

- H1 : Les facteurs socio-économiques et démographiques n'ont pas d'influence sur l'adoption des BPA.
- H2 : Les producteurs adoptant les BPA améliorent leur rendement.
- H3 : Les producteurs n'adoptant pas les BPA n'améliorent pas leur rendement.
- H4 : L'effet d'adoption des BPA est significativement positif.

0.5. Intérêt de la recherche

Ce sujet nous intéresse dans le sens où il cadre avec notre formation acquise en sciences de l'économie rurale, sociale et de l'environnement. Ce sujet peut présenter un bilan de l'adoption de ces systèmes de production économiques, écologiques et technologiques par certains agriculteurs en fournissant en même temps aux décideurs des informations précieuses sur l'incidence que ces systèmes que peuvent avoir sur l'exploitation agricole et sa production. Le sujet présente également un intérêt particulier dans la mesure où il va permettre de connaitre que l'usage des pratiques agricoles modernes ont une importance cruciale dans toute l'économie du pays.

Académiquement, cette étude va permettre aux autres chercheurs de renforcer leurs travaux à l'aide des données collectées et d'analyse notamment dans les domaines similaires. Du fait de son importance, il peut servir d'outil d'aide à la prise de décision pour les décideurs dans l'orientation de leurs futures interventions.

0.6. Organisation du document

En plus de l'introduction générale et de la conclusion qui comprennent les implications politiques découlant de notre analyse, ce travail est subdivisé en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre, après les définitions essentielles, aborde la revue de la littérature qui se borne beaucoup sur les bonnes pratiques agricoles et environnementales. Il s'agit de la gestion intégrée de la fertilité des sols, l'agroforesterie durable et les pratiques antiérosives.

Le premier chapitre fait savoir le cadrage de l'étude et montre la problématique dans le monde en général et au Burundi en particulier ; l'organisation de tout le document ainsi que les objectifs visés tels que global et spécifiques. Les hypothèses et les questions de recherche ont été formulées ainsi que son intérêt personnel, social et académique.

Dans le chapitre 1, le document présente la revue de la littérature théorique et empirique ; la présentation des bonnes pratiques prises en considération par l'étude ainsi que la revue de la littérature empirique. Le deuxième chapitre développe la méthodologie d'analyse d'adoption des bonnes pratiques agricoles et environnementales et son impact sur le rendement des agriculteurs et la technique de modélisation. Cette partie comprend une discussion sur le choix des méthodes et outils. Elle présente également l'approche d'échantillonnage. Le troisième chapitre se propose d'identifier d'abord, les résultats des différentes statistiques descriptives des unités enquêtées ensuite d'estimer l'influence des variables sur le traitement de l'instrument et enfin d'évaluer l'impact des bonnes pratiques agricoles sur le rendement des exploitants.

Après l'analyse et discussion des résultats trouvés, la conclusion générale ; le mémoire est clôturé par des recommandations et suggestions et en fin comme le travail de l'homme n'est jamais parfait, il est bon de montrer les limites éventuelles.

CHAPITRE I. REVUE THEORIQUE ET EMPIRIQUE

I.1. Cadre conceptuel

Dans le souci de mieux cerner notre thème, cette partie est consacrée aux définitions des notions-clés du sujet et développe les bonnes pratiques agricoles et les pratiques environnementales : il s'agit de ; après les définitions, présenter en détail les pratiques agroforestières, les techniques antiérosives et de passer en revue la gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS), les théories économiques de base ainsi que la revue empirique des bonnes pratiques agricoles.

I.1.1. Adoption

L'adoption est définie comme une décision d'appliquer l'innovation et de continuer à l'utiliser sur une période raisonnablement longue (Ban *et al.,* 1996) et selon Feeder *et al.,* (1985). Par ailleurs, l'adoption est le degré d'utilisation de la nouvelle technologie dans l'équilibre à long terme lorsqu'un agriculteur à toute l'information sur la nouvelle technologie et son potentiel. (Negash, 2007) a ajouté que l'adoption n'est pas un comportement permanent. Pour diverses raisons personnelles, institutionnelles ou sociales, une personne peut décider de cesser d'utiliser l'innovation, dont l'une peut être la disponibilité d'une idée ou d'une pratique supérieure pour répondre à ses besoins. Par conséquent, l'adoption au niveau de l'exploitation agricole décrit la réalisation de la décision de l'agriculteur de mettre en œuvre une nouvelle technologie. Toutefois, si les innovations sont modifiées périodiquement, le niveau d'équilibre de l'adoption ne sera pas atteint.

Selon Nkony *et al.* (1997), le taux d'adoption est le degré d'adoption d'une technologie. De plus, l'« intensité d'adoption » est définie comme le degré auquel une technique a été adoptée, mesurée par le nombre d'hectares plantés de meilleures semences ou la quantité d'engrais appliquée par hectare, par exemple (Degu, 2000). Selon Markee, (1992), l'adoption définie est le processus de diffusion de nouvelles technologies dans une région ; la diffusion représente le processus cumulatif d'adoption mesuré à des moments successifs. Fliegel (1984) a fait remarquer que le taux de diffusion dépend, entre autres choses, de la communication à l'intention des vulgarisateurs et de la mesure dans laquelle les agriculteurs discutent régulièrement des questions agricoles entre eux.

Selon Amit *et al.* (2017), le processus d'adoption est le processus mental par lequel une personne passe de la première audition de l'innovation à son adoption finale, tandis que l'adoption est une décision de continuer à utiliser pleinement une innovation. L'adoption de technologies est cruciale pour accroître la production agricole et donc améliorer la sécurité alimentaire.

Rogers (2003) stipule que « l'adoption est une décision d'utiliser de façon complète une innovation reconnue comme étant la meilleure voie d'actions disponible » et le rejet est la décision « de ne pas l'adopter ». Cette adoption n'est pas un événement ponctuel, elle est le fruit d'un long processus. L'adoption selon Diagne et *al.* (2012) est un processus dont la proportion de la population qui a connaissance, accès aux technologies qui l'adoptent. Ainsi, adopter une technologie agricole signifie qu'elle apporte quelque chose de plus que la pratique actuelle ; ce qui fait référence à la première caractéristique d'une innovation selon Rogers qui facilite son adoption : son avantage relatif. Ce principe d'avantage relatif stipule que la perception de l'adoptant est le facteur clé dans le processus d'adoption. Celui-ci devrait trouver que la technologie en question est « mieux » que la technique qu'il utilise. C'est cette perception qui le pousse à adopter.

I.1.2. Bonnes pratiques agricoles

Selon Narco et *al.* (2010) les définissent quant à eux comme étant des pratiques permettant de satisfaire les besoins actuels, d'améliorer les moyens d'existence, tout en préservant l'environnement de façon durable. Ainsi, le rendement agricole dépend de plusieurs paramètres parmi lesquels les bonnes pratiques culturales. Pour obtenir un bon rendement, il est important de mieux préparer le sol, repiquer des jeunes plants, réaliser une fertilisation équilibrée et efficiente avec une irrigation adaptée au besoin de la plante ; ainsi que l'équilibre des fertilisants minéraux et organiques etc. Les bonnes pratiques sont à la fois des pratiques techniques, économiques et sociales qui doivent couvrir toutes les étapes de la production et de la commercialisation. Elles doivent contribuer non seulement à réaliser des bénéfices environnementaux pour la collectivité en termes de réduction de la pollution et d'améliorer la santé publique, mais aussi à réaliser des bénéfices économiques et financiers pour les agriculteurs afin d'augmenter leurs revenus et améliorer leur condition de vie de travail.

I.1.3. Etude d'impact

Le mot impact a été utilisé par extension dans la langue anglaise pour désigner les retentissements (indirects ou non) d'un événement, d'un processus, d'une activité, d'une infrastructure sur l'environnement, la santé, l'économie, etc.

D'une manière générale l'impact d'un projet, d'un programme ou d'une politique est l'ensemble des changements significatifs, durables, positifs ou négatifs, prévus ou imprévus sur les personnes, les groupes et leur environnement ayant un lien de causalité avec l'intervention.

I.1.4. Rendement

Le concept « rendement » désigne le rapport entre la quantité de produits obtenus et une quantité donnée de facteurs de productions (Larousse, 2014). Autrement dit la production à l'hectare. Mais mathématiquement, le calcul du rendement et celui de la productivité sont identiques. La différence entre ces deux concepts se manifeste par la prise en compte ou non de la nature des facteurs d'accroissement de la productivité ou des rendements, d'une part et des effets pour l'homme d'autre part. Selon le lexique économique, l'augmentation de la productivité est toujours synonyme d'accroissement des rendements.

I.1.5. L'environnement

Dans cette œuvre, le concept d'environnement mérite d'être défini. D'après Passet (1990), le terme d'environnement désigne « l'entour, c'est-à-dire un ensemble des choses et de phénomènes localisés dans l'espace ». Pour insister sur les interactions qui existent entre l'environnement et les activités économiques, Faucheux et Noel (1995) proposent de définir l'environnement comme « la sphère d'influence réciproque existant entre l'homme et son milieu extérieur ». Pour Weber et Bailly (1992), l'environnement se définit par des notions d'appropriation : il est « constitué de ce qui n'appartient à personne en particulier ».

I.2. Théories économiques de la recherche

I.2.1. Définition

La théorie est un ensemble de constructions (concepts), de définitions et de propositions interconnectées qui donnent une vue systématique des phénomènes en identifiant les relations entre les variables pour expliquer et prédire les événements. Kivunja, (2018).

I.2.2. Théories de l'adoption

I.2.2.1. Théorie de la diffusion de l'innovation

La théorie de la diffusion de l'innovation (DI), développée par Wani (2015), est l'une des plus anciennes théories en sciences sociales**.** Elle trouve son origine dans la communication pour expliquer comment, à travers une population ou un système social spécifique, une idée ou un produit prend de l'élan et se diffuse (ou se propage) au fil du temps. Le résultat de cette diffusion est que les gens adoptent une nouvelle idée, un nouveau comportement ou un nouveau produit dans le cadre d'un système social. L'adoption signifie qu'une personne fait quelque chose de différent de ce qu'elle faisait auparavant, c'est-à-dire apprendre de nouvelles technologies et adopter de nouveaux comportements (Straub, 2009).

Selon Neumann, (2003) l'adoption est une décision d'utiliser l'innovation comme la meilleure voie d'action disponible et le rejet est une décision de ne pas adopter une innovation. Neumann définit la diffusion comme le processus par lequel une innovation est communiquée par certains canaux au fil du temps entre les membres du système social. Comme l'exprime cette définition, l'innovation, les canaux de communication, le temps et les systèmes sociaux sont les quatre composantes clés de la diffusion de l'innovation (Miller, 2015). Le premier élément de diffusion d'un processus d'innovation est l'innovation. L'innovation est une idée, une pratique ou un projet qui est perçu comme nouveau par une personne ou une autre unité d'adoption (Rogers, 2002). La technologie a peut-être été inventée il y a longtemps, mais si les gens la considèrent comme nouvelle, elle peut encore être une innovation pour eux. La nouveauté caractéristique de l'adoption est davantage liée aux trois étapes du processus innovation-décision qui sont la connaissance, la persuasion et la décision (Sanguinetti *et al.*, 2018).

Le deuxième élément de la diffusion du processus d'innovation réside dans les canaux de communication. La communication est un processus par lequel les participants créent et partagent de l'information pour parvenir à une compréhension mutuelle (Rogers, 2010). Cette communication se fait par des canaux entre les sources et les récepteurs. Dans la plupart des études comportementales, l'élément temps n'est pas pris en compte. Il soutient que celui-là l'un des avantages de la recherche sur la diffusion est qu'elle intègre la dimension temporelle. Le temps est pris en compte dans le processus de diffusion de l'invention, la catégorisation des adoptants et le taux d'adoption. Le système social est l'étape ultime du processus de diffusion.

« Ensemble d'unités interconnectées qui travaillent ensemble pour résoudre un problème afin d'atteindre un objectif commun », a-t-il décrit le système social. Comme la diffusion des innovations se fait dans le système social, elle est influencée par la structure du système social (Minishi, 2005).

I.2.2.2. Théorie sociale cognitive

L'accent de la théorie sociale cognitive (SCT) est mis sur le concept d'auto-efficacité qui est défini comme le jugement de la capacité d'une personne à utiliser la technologie pour accomplir un travail ou une tâche particulière (Shu, *et al.*, 2011). Selon le SCT, le comportement de l'utilisateur est influencé par les attentes de résultats liés aux gains personnels ainsi qu'aux gains liés au rendement. L'auto-efficacité, à son tour, influence l'attente du résultat des deux types. Bien que l'estime de la personne et le sentiment de réussite soient liés aux attentes en matière de résultats personnels, les attentes en matière de résultats liées au rendement au travail mènent à des attentes en matière de rendement. Selon le SCT, deux facteurs opposés influencent le comportement des utilisateurs. Une contribution positive est apportée par le facteur « affect », c'est-à-dire la mesure dans laquelle une personne aime un emploi. D'autre part, une contribution négative au comportement désiré est apportée par le facteur « anxiété » qui est la réaction anxieuse de la personne lors de l'exécution d'un travail, comme essayer d'utiliser un ordinateur avec lequel la personne n'est pas très familière. Dans les études d'adoption, cette théorie a été fréquemment appliquée.

I.2.2.3. Théorie des contraintes économiques

Traditionnellement, l'analyse économique de l'adoption de la technologie a cherché à expliquer le comportement d'adoption en ce qui concerne les caractéristiques personnelles et les dotations, l'information imparfaite, le risque, l'incertitude, les contraintes institutionnelles, la disponibilité des intrants et l'infrastructure (Feder *et al.*, 19885). D'autre part, les contraintes économiques pesant sur les schémas de répartition des dotations en ressources ont été le principal facteur qui a contribué aux décisions d'adoption observées. Ce modèle soutient que la fixité des intrants à court terme, comme l'accès au crédit, les services de vulgarisation, la main-d'œuvre, la disponibilité d'une variété améliorée ou d'autres intrants essentiels conditionnaient les décisions d'adoption de la technologie et étaient motivés par la maximisation de l'utilité (Makokha *et coll.*, 1999 ; Kebede *et al.*, 1990).

I.2.2.4. Théorie du producteur

La théorie du producteur est l'une des théories les plus proches de notre thématique de recherche. La théorie du producteur est très importante en analyse microéconomique de la production. Elle suppose un comportement rationnel du producteur dont le principal problème est un problème d'optimisation. Celui-ci (le producteur ou la firme) combine les différents facteurs de production (intrants) pour obtenir un ou plusieurs produits(outputs) qu'il offre sur un marché.

Le mode de production ou la technique peut être utilisé pour caractériser le producteur. Ce dernier se situe dans un environnement qui lui impose des contraintes dont les plus importantes sont d'ordre technique ou technologique. Pour produire de manière efficace, ce dernier opère des choix pour parvenir à la meilleure combinaison possible des facteurs de production. Dans ce contexte, le producteur cherche à minimiser les coûts de production en vue de maximiser son profit.

- La minimisation des coûts

L'acquisition des intrants occasionne des coûts pour le producteur. Sa rationalité va le pousser à rechercher le niveau de coût le plus bas, condition nécessaire pour un profit maximum dans le court terme. Dans cette période d'analyse, en effet, le niveau de production étant donné, celui du revenu l'est aussi. Le problème d'optimisation consiste alors à la minimisation des coûts. La fonction de coût est définie comme suit :

$$C(w,y,Z,E) = min\{ w.x : x \in V(y,Z,E)\} \qquad Equation\ (1)$$

Où w est un vecteur de prix des intrants (strictement positifs) et x le vecteur d'intrants associé aux différents prix. V (y, Z, E) caractérise la technologie qui permet de l'output y, conditionnée par les facteurs fixes et les actifs naturels. La fonction de coût donne le coût minimum de production d'un output donné pour une période donnée ; elle est fonction du prix des intrants, du prix des outputs, des facteurs fixes et environnementaux.

Contrairement aux autres facteurs de production, le facteur environnemental échappe au contrôle du producteur ce qui n'est pas le cas pour les autres variables. Selon Desaigues et Point (1993), « le mieux qu'il puisse faire, c'est de développer une stratégie d'adaptation aux éventuelles variations du facteur ».

- La maximisation du profit

La théorie économique traditionnelle du producteur postule que le comportement du producteur est guidé par la maximisation du profit. Il est indissociable d'un comportement de minimisation des coûts de production.

Le profit est défini comme la différence entre les recettes courantes et les coûts courants de production ; les coûts comprennent aussi bien les coûts variables que les coûts fixes.

La modélisation choisie est celle d'une fonction de profit multi produit. Le temps d'analyse suppose alors une fonction de profit contrainte. Lorsqu'on intègre les facteurs fixes et les facteurs environnementaux comme arguments dans la fonction de profit, elle est de la forme suivante :

$$\Pi(p,w,y,Z,E) = max\{py - c(w,y,Z,E\} \qquad Equation(2)$$

Où y représente un vecteur d'outputs (produits) lorsque yi est supérieur à 0 et un vecteur d'intrants lorsque yi est inférieur à 0 ; p désigne un vecteur des prix des outputs et w celui du prix des intrants. C (W, Y, Z, E) est définie dans l'équation (1).

I.2.2.5. Clarification Démographique (Néomalthusianisme)

La croissance démographique est l'une des explications les plus simples et les plus courantes de la famine. Cette théorie trouve son origine dans la thèse de Malthus - Essai sur le principe de la population, 1798 (Malthus, 1960). « D'après l'Essai du révérend Thomas Malthus sur le principe de la population (1798), qui a démontré que la population ne devrait pas continuer à croître indéfiniment dans un monde de ressources naturelles fixes. On soutient que, dans le meilleur des cas, les ressources foncières demeurent constantes ou se détériorent considérablement et que la technologie agricole demeure primitive, alors que, en raison de ces facteurs et d'autres facteurs négatifs, la production agricole progresse à un rythme de tortue, la croissance de la population, principalement en raison d'un taux de natalité très élevé, augmente beaucoup plus rapidement (Mesfin, 1984).

Selon Malthus (1960), la famine agirait en fin de compte comme un frein naturel à la croissance de la population, équilibrant la demande de nourriture avec les approvisionnements alimentaires. La thèse de Malthus a été critiquée et rejetée sur de nombreux points. Tout d'abord, considérer la famine comme un frein naturel au contrôle de la croissance démographique est répugnant.

Deuxièmement, Malthus n'a pas prévu la transition de la fécondité vers les petites familles en tant que rose du niveau de vie ni les « augmentations exponentielles de la productivité agricole » en raison des progrès technologiques qui poussent la production au-delà des besoins de consommation de la population mondiale (Devereux, 2006). Bien qu'il reste à démontrer, dans le cas du BURUNDI, il semble raisonnable de soutenir que dans un système de production de subsistance où les méthodes d'agriculture restent les mêmes pendant des générations, alors que la fragmentation, ainsi que la détérioration des terres agricoles, s'aggravent progressivement, la pression démographique peut devenir l'un des facteurs qui rendent les agriculteurs vulnérables à la famine. De tels arguments supposent que les terres cultivables d'un pays donné sont pleinement et efficacement utilisées, que d'autres activités économiques non agricoles ne peuvent pas se développer et que limiter la croissance démographique résoudra le problème de la pauvreté et de la famine.

L'hypothèse de Malthus est toujours suivie par les néo-malthusiens. Bien qu'il s'agisse d'un processus très lent, l'argument selon lequel la population dépasse les ressources naturelles a été évoqué pour expliquer l'apparition rapide de la crise alimentaire en Afrique et en Asie. Le débat sur la capacité de charge a rassemblé des démographes et des écologistes dans une tentative néo-malthusienne d'imputer la persistance de la famine au surpâturage en Afrique sahélienne et à la surpopulation en Asie du Sud (Devereux, 2004).

Cependant, l'approche néo-malthusienne est aussi fortement critiquée, comme l'argument grossier de Malthus, les néo-malthusiens n'ont pas pris en compte le rôle de la technologie dans l'augmentation de la production alimentaire. En outre, les famines de mortalité de masse (« contrôle naturel ») ne contrôlent pas la population. Une croissance démographique assez rapide a été observée dans des pays qui ont été touchés par divers épisodes de famine dans le passé (Devereux, 2002). (Boserup et Chambers, 2014) ont présenté un contre-argument malthusien pour l'Afrique sub-saharienne où des densités de population trop faibles augmentent la vulnérabilité à la famine en inhibant les investissements dans les infrastructures économiques de base et les technologies agricoles.

I.3. Les pratiques agro-environnementales

Cette partie parle des bonnes pratiques agricoles et environnementales dans son système de fonctionnement rationnel afin de maximiser des avantages divers pour l'homme, l'animal et l'environnement dans son ensemble. Il s'agit des bonnes pratiques d'agroforesterie durable et ses avantages ; les pratiques de lutte contre l'érosion du sol et les techniques de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS).

I.3.1. Agroforesterie et ses avantages

I.3.1.1. Concepts et définition

L'agroforesterie est un système intégré de la gestion des ressources du territoire rural qui repose sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou à des élevages et de l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux. Son objectif est de réintroduire des haies ou des arbres dans les surfaces agricoles. Au-delà des raisons paysagères, les agriculteurs peuvent surtout pour en tirer des bénéfices économiques et environnementaux en les intégrant à part entière dans le système cultural de l'exploitation. Elle est un mode d'exploitation des terres agricoles associant des arbres et des cultures ou de l'élevage afin d'obtenir des produits ou des services utiles à l'homme.

Selon Baumer (1987), « l'agroforesterie est un terme collectif pour des systèmes et des techniques d'utilisation des terres où des ligneux pérennes(arbres, arbustes… et par assimilation palmiers et bambous) sont cultivés ou maintenus délibérément sur des terrains utilisés par ailleurs pour la culture et/ou l'élevage, dans un arrangement spatial ou temporel, et où sont exploitées les interactions à la fois écologiques et économiques, pas forcément stable dans le temps, entre les ligneux et les autres composantes du système »

En règle générale, en agroforesterie, il y a toujours un composant arbre ou arbuste planté ou gardé délibérément dans le paysage ou dans l'exploitation pour fournir une variété de produits et de services. En complément de l'arbre, il y a des cultures (ou pâturages) et/ou bétail, qui sont intentionnellement associés aux arbres simultanément ou de façon séquentielle.

Selon Nair (1989), une pratique agroforestière désigne un arrangement de cultures, d'arbres et de bétail dans l'espace et/ou dans le temps. Les pratiques agroforestières ont pour but l'atténuation de la déforestation, de la dégradation des sols. On distingue trois grands groupes de systèmes agroforestiers : sylviculturaux, sylvopastoraux et agrosylvopastoraux.

Selon Mary et Besse (1996), un système agroforestier est considéré comme un ensemble de composantes interdépendantes ligneux, cultures annuelles, animaux représentant un type courant d'utilisation des terres dans un espace donné. Selon ces auteurs, il peut être décrit à l'échelle d'une parcelle d'une exploitation agricole ou d'une région et comprend trois grandes catégories (agricole, sylvicole, pastorale).

Selon Lundgren et Raintree (1982) définit l'agroforesterie comme suit : « L'agroforesterie est un terme général englobant les systèmes d'utilisation des terres dans lesquelles des végétaux ligneux pérennes (arbres, arbustes, palmier, bambous) sont délibérément cultivés (plantés ou conservés), sur des parcelles de terrain utilisés par ailleurs pour la culture et /ou l'élevage, soit en même temps soit successivement sous forme d'une organisation de l'espace.

Tableau 1 : Les avantages des pratiques agroforestières

Le tableau ci-dessous nous montre des avantages de l'arbre et de l'arbuste agroforestiers son importance est cruciale au niveau économique, environnemental et social.

Environnemental	Economique	Ecologique	Social	Autres
Atténuation au changement climatique	Revenu plus élevé en raison de la fourniture des plantes non ligneuses et du bois	Fertilité et contrôle de l'érosion des sols, séquestration du carbone	Egalité des genres en raison de possibilités des femmes à vendre des fruits	Qualité de l'air
Adaptation au climat	Réduction de la vulnérabilité	Les arbres dans les pratiques agroforestières capturent, entreposent et relâchent l'eau (apport de l'eau aux nappes phréatiques)	Sécurité alimentaire, Santé humaine et animale, Pesticides biologiques	Ombre
Résilience des communautés	Accroissement de la productivité	Augmentation des apports d'azote en raison des arbres fixateurs d'azote	Augmentation de la production agricole Securité alimentaire	Valeur esthétique

Source : Murthy et *al.,* 2013, FAO, 2017

Des études empiriques ont montré beaucoup d'avantages comme résumés dans le tableau ci-haut

(Selon Hoekstra et Beniest, 1992), dans les zones semi-arides, les rideaux abris et les brise-vents sont très utiles pour limiter l'action des vents. Dans les régions densément peuplées et à altitudes élevées d'Afrique de l'Est, les systèmes agroforestiers intensifient les productions agricoles et animales avec production de fourrage pour la stabulation permanente et le contrôle de l'érosion sur fortes pentes (10 à 60 %) sont les mieux indiqués. Dans ces régions à hautes altitudes, l'acidité des sols et les déficiences en phosphore sont fréquents. Une sélection d'arbres tolérant ces conditions est nécessaire.

Selon (Marcado et al. 1996), les cultures en couloirs sont applicables dans les régions à fortes précipitations tant que la fertilité du sol est aussi bonne. La culture en couloirs est applicable dans des zones spécifiques. Ce sont notamment les terrains en pente, sur lesquels les haies peuvent réduire l'érosion du sol.

Selon (Narain et *al.* 1998) Les haies assurent la réduction de la force de l'eau, une infiltration accrue près des bandes et un effet de barrière combiné à la protection du sol par le paillis. Dans un essai en Inde, l'effet barrière des haies de *Leucaena leucocephala* et les micro-terrasses formées par le dépôt des sédiments ont réduit les pertes en terres de 48 % par comparaison à des parcelles de maïs en monoculture.

I.3.1.2. Les bénéfices et bienfaits de l'agroforesterie

La présence d'arbre a un effet non négligeable non seulement sur l'environnement mais aussi sur le revenu d'un agriculteur du fait qu'il peut lui générer des profits en termes de revenu supplémentaire. Le bois d'œuvre de qualité est vendu, le bois de chauffage également. Selon (Liagre et al, 2012) les haies et les arbres têtards peuvent également servir dans la filière bois énergie qui se développe autour de la biomasse.

L'agroforesterie, par ailleurs retient l'attention à tous ceux qui cherchent des solutions pour lutter contre les changements climatiques et s'y adapter en modifiant l'utilisation des terres. Les arbres sont des « puits de carbone » ils séquestrent en grandes quantités du dioxyde de carbone atmosphérique , le gaz qui a un effet de serre beaucoup responsable du changement climatique *(voir le protocole de Kyoto).* Celui-ci permet de fabriquer, via la photosynthèse, de la matière végétale décomposée par les microorganismes vivants lorsque celle-ci meurt (arbre mort, chute des feuilles etc.) et transformée en matière organique riche en carbone.

Ce carbone piégé dans le sol, c'est autant du dioxyde de carbone qui n'est plus dans l'atmosphère, ce qui atténue le changement climatique. En outre, la matière organique du sol contribue également à améliorer les propriétés, de sorte qu'il va mieux retenir l'eau et les nutriments dont les plantes ont besoin ; ce qui, cette fois-ci, contribue à l'adaptation au changement climatique.

I.3.2. Les bonnes pratiques agricoles de lutte contre l'érosion

L'amélioration de la disponibilité de l'eau pour la croissance des plantes en vue d'augmenter leurs rendements agricoles passent notamment par l'optimisation de l'infiltration de l'eau de pluie tout en réduisant l'érosion de surface.

Tableau 2 : Techniques de protection des sols adaptées à chaque type de terrain

Pentes	Techniques de protection
0-20%	Haies vives et billons
2-6%	Haies vives+ fossés antiérosifs
6-25%	Terrasses radicales
25-55%	Terrasses radicales avec des moyens consistants
Supérieur à 55%	Reboisement

Source : MINAGRIE, 2010

Les techniques de lutte contre l'érosion hydrique peuvent être de plusieurs types : biologiques, culturales ou mécaniques.

a) **Le paillage (mulching) :** Les objectifs du paillage sont de protéger la surface du sol contre l'impact destructeur des agrégats du sol par les gouttes d'eau de pluie (effet splash) et de conserver l'humidité du sol par réduction de l'évaporation. Il permet également de récupérer des terres dégradées à des fins d'usage agronomique par apport de la matière organique au sol. Le paillage peut s'effectuer dans toutes les zones agroécologiques du Burundi, sur tous les types de sols et par tous les agriculteurs. Auparavant, seules les parcelles de caféiers étaient paillées de façon obligatoire. La principale source de paillis était la bananeraie. Actuellement, certaines cultures telles que les bananiers, les ananas, les pruniers du japon et les légumes… sont également paillées de temps à autre.

Avantages et impacts. Le paillage est favorable à la conservation du sol par ses actions: (i) mécaniques : diminution de l'énergie des gouttes d'eau et de la vitesse de ruissellement, protection du sol lors des fortes pluies et limitation des éclaboussures de terre sur les plants ; (ii) biologiques, physiques et chimiques : apport au sol de la matière organique, création d'un environnement favorable au développement de la vie biologique du sol, protection contre les radiations solaires et l'excès d'insolation altérant la microflore et accélérant l'oxydation de la matière organique et la libération des éléments nutritifs ; (iii) le paillage apporte aussi, sous épaisseur suffisante, une réduction de la pénibilité du travail par la limitation des opérations de sarclage et de binage par son obstacle au développement de mauvaises herbes ; (iv) dans les dépressions de l'Est et du Nord-Est, le paillage stimulerait l'activité des termites. Ces derniers vont casser la croûte superficielle du sol en creusant des galeries sous le paillis. Il en résulte un ameublissement du sol et une augmentation de sa porosité qui permettent une meilleure infiltration de l'eau.

b. Couverture vivante. L'objectif est de réduire la susceptibilité du sol à l'érosion. Elle comporte un maximum d'occupation du sol par la végétation dans le temps et dans l'espace (intérêt lors des fortes pluies) et représente une technique d'amélioration du stock d'humus.

La pratique de couverture vivante peut s'effectuer dans toutes les zones agro-écologiques du Burundi, sur tous les types de sols et par tous les agriculteurs. Elle est fortement conseillée dans les plantations pérennes (palmeraies, les caféiers,) et même les plantations saisonnières comme le maïs.

Avantages et impacts. La plante de couverture est favorable à la conservation du sol par ses actions: (i) mécaniques : fixation du sol par les racines, protection des agrégats contre l'impact des gouttes de pluie et obstacle au ruissellement ; (ii) biologiques et chimiques : apport au sol de la matière organique par la décomposition des feuilles qui tombent, création d'un environnement favorable au développement de la vie biologique du sol, libération des éléments nutritifs et fixation de l'azote atmosphérique; (iii) les plantes de couverture constituent une source d'aliments pour le bétail et le paillage.

c. Associations des cultures. Les objectifs poursuivis sont : (i) optimiser l'utilisation de l'espace de culture ; (ii) améliorer la production en qualité et quantité ; (iii) diversifier les productions et sécuriser le revenu. La pratique d`associations culturales peut s'effectuer dans toutes les zones agroécologiques du Burundi, sur tous les types de sols et par tous les agriculteurs.

Avantages. Cette pratique permet la valorisation optimale des surfaces agricoles et favorise les complémentarités entre les plantes cultivées. Les associations des cultures assurent une meilleure protection de la surface, mais aussi les cultures ont des cycles végétatifs parfois différents, d'où une protection plus longue.

d. Cultures intercalaires et les cultures couvre-sol : plantation d'une culture à cycle court sous couvert ou entre la culture principale. La culture intercalaire et les cultures couvre-sol sont des pratiques qui augmentent la diversité du système cultural et améliorent l'utilisation des ressources comme la lumière, la chaleur et l'eau. Ces pratiques peuvent également contribuer à éliminer les mauvaises herbes et multiplier les chances de pouvoir réduire l'application d'herbicides dans le système cultural. A défaut de quoi, dans les systèmes biologiques ou autres sans herbicides, la culture intercalaire et les cultures couvre-sol peuvent atténuer les risques de pertes de rendement et assurer la stabilité du système.

On peut aborder la culture intercalaire sous deux angles :

-Deux ou plusieurs espèces cultivées ensemble afin de maximiser le rendement total de tous les éléments intercalaires.

-Une culture principale avec une ou plusieurs cultures secondaires semées sous couvert pour éliminer les mauvaises herbes, maitriser l'érosion, fixer l'azote, afin de maximiser le rendement de la culture principale.

e) Association avec des plantes satellites : présence de quelques pieds d'une ou plusieurs cultures particulières au milieu d'une culture principale ou à sa périphérie. Cette configuration est adaptée pour insérer des plantes pièges. Par exemple : association du maïs et du *desmodium* avec du *napier* à la périphérie pour piéger les papillons.

f) La rotation des cultures. Lorsque plusieurs espèces cultivées se succèdent sur un même champ, chacune exploite la fertilité du sol à sa façon. Les unes exploitent les sols plus profondément que les autres et les nourritures puisées sont différentes. Les céréales

(enracinement fasciculé) explorent les couches supérieures et les légumineuses (à enracinement pivotant) utilisent un volume situé un peu plus bas et les ligneuses pérennes explorent les couches profondes du sol. Le choix des cultures se fait en fonction des besoins et des objectifs de l'agriculteur, mais aussi en tenant compte des pratiques culturales, telles que le travail du sol et le contrôle des mauvaises herbes par sarclage ou herbicides. Il est possible de faire alterner des familles différentes, telles que céréales, légumineuses, oléagineux… On peut également alterner des espèces semées en saison A et saison B. Le choix est souvent fait en fonction des risques de transmission des maladies et de la pression des insectes ravageurs. Ainsi, il est déconseillé de faire suivre du maïs par du blé en raison des risques de fusariose. Le choix peut aussi tenir compte de l'effet du précédent cultural comme source d'azote symbiotique, comme c'est le cas avec les légumineuses. Par exemple, le soja est souvent un bon précédent pour le blé. La pratique de rotation culturale peut s'effectuer dans toutes les zones agroécologiques du Burundi, sur tous les types de sols et par tous les agriculteurs.

Avantages multiples de la rotation : (i) elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures, notamment des bactéries et des champignons qui sont souvent très spécifiques; (ii) certaines plantes ont même un effet répressif direct sur les ravageurs et les adventices (effet d'allélopathie); (iii) grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol et notamment de sa structure; (iv) l'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol.

I.3.3. La gestion intégrée de la fertilité des sols

La gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) vise à gérer les sols en combinant les différentes méthodes d'amendement et de conservation de l'eau et des sols. Celle-ci prend en compte toutes les ressources agricoles et est fondée sur les 3 principes suivants :(1) la maximisation de l'utilisation des différentes sources organiques d'engrais ;(2) la minimisation des pertes en éléments nutritifs ;(3) l'utilisation judicieuse des engrais minéraux en fonction des besoins et des disponibilités économiques.

Afin d'optimiser la gestion de la fertilité des sols, il doit être envisagé un système de gestion intégré des éléments nutritifs incluant à la fois les intrants organiques et minéraux.

I.3.3.1. Les intrants organiques

L'épandage de fumier et le compostage qui englobent toutes les sources d'éléments nutritifs d'origine végétale ou animale. Très souvent, la disponibilité des matériaux et la principale restriction car ceux-ci sont en concurrence avec l'alimentation des animaux et/ou une utilisation comme combustible. Le fumier est une ressource précieuse dans les systèmes d'élevage et d'exploitation mixte, mais celui-ci est souvent négligé en raison des problèmes de transport autour des petites exploitations. Le compostage est un processus naturel de décomposition des matières organiques telles que les résidus des récoltes, le fumier de ferme et les déchets, créé par des micro-organismes dans des conditions contrôlées. C'est une proposition attrayante qui permet de transformer sur l'exploitation, les déchets organiques en une ressource agricole. Le paillage avec les résidus de récolte peut également améliorer la fertilité des sols. De plus, l'amorçage des semences peut être utilisé pour réduire le temps de germination. Celui-ci permet un établissement plus uniforme des plantes et augmente leur résistance aux insectes et aux champignons.

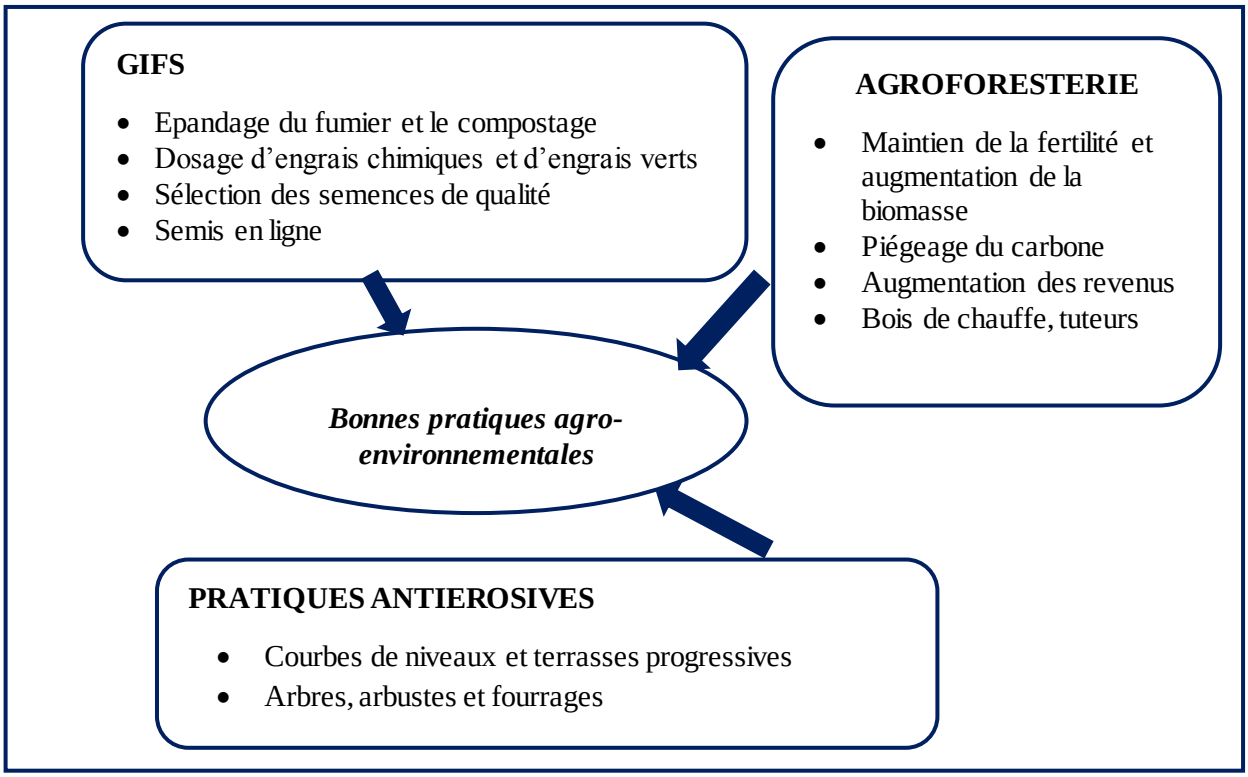
L'intégration de cultures fixatrices d'azote : l'engrais vert ou les cultures de couverture sont des plantes légumineuses en cultures intercalaires ou plantées en rotation avec d'autres cultures et utiliser pour fixer l'azote dans le sol. Très souvent, l'engrais vert est incorporé dans le sol, ce qui n'est pas le moyen le plus efficace en raison de la décomposition et libération rapide des nutriments : il est souvent préférable de couper et semer directement dans les résidus. L'incorporation naturelle des cultures de couverture et des résidus de mauvaises herbes, de la surface du sol vers les couches plus profondes, par la micro- et macrofaune est un processus lent. Les éléments nutritifs peuvent être fournis aux cultures sur une plus longue période. De plus, le sol est recouvert par les résidus, le protégeant ainsi des impacts de pluie et du soleil.

I.3.3.2. Les engrais minéraux

Les rendements des récoltes peuvent être améliorés de façon spectaculaire avec l'application d'engrais minéraux au moment des semis ou après la levée des cultures. Toutefois, cette application doit être bien ciblée afin d'en réduire les coûts, de réduire au minimum les émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'éviter le développement des mauvaises herbes, ainsi que la décomposition accélérée de la matière organique du sol.

Il existe aujourd'hui en Afrique subsaharienne, une forte pression pour accroître la disponibilité des engrais et développer des coûts abordables pour les petites exploitations de subsistance. La **micro fertilisation** (ou « microdosage ») est une méthode à bas coût. De petites quantités d'engrais minéraux sont appliquées dans des trous plantation au moment du semis et /ou après la levée en engrais de surface. Pour arriver à une fertilité des sols en long terme, le microdosage devra être combiné à du compost ou fumier car les petites quantités d'engrais minéraux ne sont pas suffisantes pour arrêter la fuite des éléments nutritifs, pas plus qu'elles ne reconstituent directement la matière organique du sol. La micro fertilisation peut être la première étape dans l'augmentation de la productivité agricole et dans le renforcement des capacités des agriculteurs pour investir dans le fumier ou dans les autres engrais.

Figure 1 : Résumé des bonnes pratiques agro-environnementales



Source : Auteur, 2023

I.4. Revue de la littérature empirique

Cette partie parle des études qui ont été réalisées par d'autres auteurs qui ont travaillé sur l'adoption des bonnes pratiques sur diverses cultures, les déterminants d'adoption ainsi que l'effet de l'adoption sur les rendements. Différentes études ont été menées sur l'adoption pratique agricole améliorée. De ce qui concerne notre étude, nous avons opté de travailler sur trois cultures les plus prépondérantes de la localité d'étude il s'agit du maïs, le haricot et la pomme de terre. Plusieurs facteurs influent sur l'adoption d'un meilleur rendement de ces cultures, sur l'état de l'insécurité alimentaire des ménages, sur la résilience des ménages à l'insécurité alimentaire et sur les répercussions de l'adoption de variétés améliorées. Dans les sous-sections qui suivent, les revues d'études empiriques par différents auteurs ont été discutées.

Selon Abdulsalam (2017), l'étude montre que le sexe du chef de ménage a eu un impact positif sur la décision de participer et le volume de production de pommes de terre. Dans la plupart des cas, ce sont les hommes d'une famille qui décident s'ils produisent des pommes de terre et de la quantité. Cela signifie que les femmes sont moins susceptibles de participer à l'ensemble du processus de production de la pomme de terre. Outre l'argument de l'auteur selon lequel les agricultrices sont moins impliquées dans la production de pommes de terre, cette conclusion a été étayée par le fait que les agricultrices cultivent des cultures de subsistance pour assurer la sécurité alimentaire, tandis que les agriculteurs masculins cultivent des cultures commerciales pour obtenir un revenu afin de répondre aux besoins économiques du ménage.

L'étude d'Abdulsalam (2017) a montré la présence d'une femme à la tête du ménage influence négativement les décisions d'adoption des nouvelles technologies en agriculture. En effet, au Malawi, les ménages dirigés par les femmes ont tendance à être plus pauvres et plus limités en ressources disponibles, ce qui réduit leur capacité à adopter une nouvelle technologie.

De même, Abebe *et al.*, 2013, ont fait valoir que les caractéristiques démographiques des ménages, telles que l'âge, le niveau d'éducation, la taille de la famille et le patrimoine des ménages, ont des répercussions différentes sur le comportement décisionnel en matière d'adoption des technologies agricoles.

En outre, le niveau d'instruction du chef de ménage est la variable la plus courante et la plus importante qui affecte le comportement des agriculteurs en matière d'adoption des technologies agricoles. Diverses études ont montré qu'il a un impact positif considérable sur l'adoption de la technologie. Par exemple, Yokamoo (2020) a étudié les facteurs qui influencent l'adoption de variétés de sorgho améliorées dans la région somalienne de l'Éthiopie. Ils ont découvert que dans le domaine de la recherche, les agriculteurs les plus instruits sont plus susceptibles d'adopter des variétés de sorgho améliorées. Des études similaires de Gedefa, (2010) ont suggéré que l'éducation expliquait positivement l'adoption et l'intensité de l'utilisation des technologies du sésame. Cependant, une étude réalisée en Éthiopie par (Fisher *et al.*, 2015 ; Bukul *et al.*, 2018) a montré que l'éducation n'avait pas d'effet significatif sur l'adoption de variétés améliorées de pois chiches. L'étude d'Abebe *et al.*, 2013 va en commun avec celle de Kebede et *al.*, 1990; Chirwa, 2005 qui ont trouvé que la corrélation entre les décisions d'adoption des BPA et le niveau d'éducation est positive en démontrant que plus le niveau d'éducation est élevé plus la chance du producteur a adopté les bonnes pratiques l'est également ; on peut imaginer par-là que les producteurs ayant un niveau d'éducation élevé ont une meilleure compréhension de la technologie, et sont plus disposés à juger son utilité et son adoption. Cependant, d'autres chercheurs, eux, ont trouvé que le niveau d'éducation est un facteur ne déterminant pas seulement sur les décisions d'adoption, mais aussi sur l'intensité d'utilisation des technologies (Croppenstedt et al. 2003).

Le nombre de personnes vivant dans le ménage exprimant également le niveau de la main d'œuvre familiale disponible, peut bien affecter la décision d'adoption (Alene et Manyong, 2006). Negatu et Parikh (1999) ont utilisé un modèle à équations simultanées combinant les approches Probit et logit ordonné pour examiner la décision et d'adopter de nouvelles variétés de blé. Ils montrent que la taille du ménage et le revenu expliquent l'adoption de la nouvelle variété. Plus la variété est perçue comme exigeante en fertilisants et en travail, moins le niveau de son adoption est élevé. En effet, une technologie exigeante en main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses qui, de ce fait, seront plus favorables à son adoption.

En outre, la disponibilité et la quantité de main-d'œuvre familiale jouent un rôle essentiel dans l'adoption et l'intensité de l'utilisation des technologies agricoles. Les ménages ruraux disposant d'une main-d'œuvre active sont plus susceptibles d'être intéressés par l'expérimentation de technologies agricoles.

Bien entendu, l'influence de la disponibilité de main-d'œuvre sur l'adoption dépend des caractéristiques de la technologie adoptée. Les agriculteurs qui ont plus de main-d'œuvre seraient plus susceptibles d'adopter de nouvelles technologies plus attrayantes et plus exigeantes en main-d'œuvre que les technologies précédentes. Cependant, si la technologie permet d'économiser de la main-d'œuvre, comme les tracteurs, les moissonneuses, les pesticides, etc., elle aura une influence négative. De nombreuses études sur l'adoption ont révélé un impact positif du travail familial sur l'adoption de la technologie, comme Tefari *et al*. (2013), Techane (2002), Gedefa (2010) et Aslittle *et al*. (2011).

Le niveau de richesse peut aussi être déterminant dans l'adoption des BPA. Kebede et al. (1990), Alene et Manyong (2006), O'Gorman (2006), Hailu et al. (2014), Lambrecht et al. (2014) ont pu montrer une corrélation positive entre le niveau de richesse du ménage agricole et le choix d'adoption d'une nouvelle technologie. Les ménages agricoles d'Afrique Subsaharienne, généralement caractérisés par un faible pouvoir d'achat, sont moins motivés à entreprendre une nouvelle technologie en raison des besoins d'investissement et de leur plus grande vulnérabilité face aux risques associés. Aussi, pour ces ménages agricoles, acquérir la nouvelle technologie a un cout, ce qui rend encore difficile la décision d'adoption, surtout s'il n'y a aucune assurance que la technologie viendra améliorer la situation initiale. A l'opposé, les ménages agricoles riches pourraient être tentés à jouer le jeu en consacrant une portion de leurs revenus pour acquérir la nouvelle technologie malgré le risque associé.

En effet, les facteurs de richesse tels que le type et le nombre de têtes de bétail, le revenu et la taille de la ferme jouent un rôle important dans la décision d'adopter des technologies agricoles comme des semences améliorées. Par exemple, Endrias (2003) a rapporté que la valeur du bétail a une influence positive et significative sur les décisions d'adoption et l'intensité de l'utilisation de variétés de pommes de terre améliorées dans le district de Boloso, au sud de l'Éthiopie. Des études d'adoption similaires réalisées par (Tefari, 2013, Haileye *et al.*, 2001 ; Gecho *et al.*, 2011) ont confirmé que la propriété du bétail expliquait de manière positive et significative les variétés de maïs améliorées.

L'étude d'Audebert et Blavet (1992), dans une station expérimentale agronomique au Togo, révèle que les rendements totaux de cotonniers varient selon la répartition des paramètres édaphiques et que les caractéristiques physico-chimiques des sols, qui diffèrent fortement entre le haut et le bas de la parcelle, pourraient être une cause directe de ces variations de rendement.

Les résultats de Nacro et al. (2010), également, montrent que les bonnes pratiques agricoles permettent d'améliorer les teneurs des sols en matières organiques, en azote et en phosphore assimilable, qui constituent les facteurs les plus limitants pour la production agricole au sahel, par rapport à la pratique paysanne. Nacro et al. (2010) trouvent aussi dans cette étude que le précédent cultural a un effet sur la santé des sols qui influence fortement sur les niveaux de rendements.

Pretty et al. (2006) ont montré comment des agriculteurs de 286 projets dans 57 pays en développement ont amélioré leur productivité tout en augmentant l'efficacité d'utilisation de l'eau et la séquestration du carbone, et en réduisant l'utilisation de pesticides, etc. Les auteurs se sont servis à la fois des questionnaires et des rapports publiés par projet pour évaluer l'adoption d'une agriculture durable et les changements survenus au fil du temps. Ces projets ont pu montrer une augmentation de la production alimentaire par hectare et que 25% des projets ont déclaré des rendements relatifs supérieurs à 2.0 soit une augmentation de 100%.

Les BPA ont été testées, en comparaison avec les pratiques paysannes, à travers les Champs Ecoles des Producteurs (CEP) au Burkina Faso entre 2006 et 2009. Nacro et al. (2010) ont utilisé comme dispositif expérimental le split-plot avec les pratiques dans les parcelles principales et les cultures dans les parcelles secondaires en vue de comparer les pratiques des producteurs (PP) avec les bonnes pratiques agricoles (BPA). De leurs travaux, ressort que les rendements coton et maïs grains varient énormément selon la culture et la pratique. Pour les deux cultures, les BPA ont permis de récolter deux à trois fois plus de grains par rapport aux pratiques paysannes. Les rendements moyens durant les trois années pour les BPA et les PP sont respectivement 1895 kg/ha et 837 kg/ha pour le Coton ; et 3897 kg/ha et 1514 kg/ ha pour le Maïs. Le constat est que les rendements obtenus dans les bonnes pratiques agricoles sont nettement supérieurs à ceux obtenus dans les pratiques paysannes.

L'expérience dans la production agricole ; plusieurs études empiriques ont inclus cette variable dans les modèles d'adoption. Le nombre d'années d'expérience du producteur peut influencer positivement ou négativement l'adoption (Zegeye et al., 2001). Avec l'expérience, les producteurs peuvent devenir plus réticents ou plus ouverts à une technique.

Le contact des producteurs avec les agents d'encadrement agricole ; il donne accès aux informations relatives au climat, aux pratiques de gestion durable des terres qui facilitent l'adaptation au changement climatique.

L'appartenance à une organisation de producteurs ; les partenaires du développement par le biais des organisations non gouvernementales, des projets et programmes de développement agricole, organisent des formations à l'intention des associations de producteurs. A travers ces structures, les producteurs sont sensibilisés sur la gestion durable des terres, les changements climatiques, leurs conséquences, de même que les stratégies d'adaptation. L'appartenance à une organisation facilite donc l'accès à l'information et à de nouvelles pratiques ou techniques (Yegbemey et al., 2014).

En somme les bonnes pratiques agricoles apparaissent donc comme un grand moyen de renforcement des productions agricoles.

Conclusion du premier chapitre

Dans ce chapitre, nous avons montré d'abord les concepts et définitions des bonnes pratiques agro-environnementales entre autres les concepts des bonnes pratiques, d'adoption, du rendement, de l'environnement et autres. En conséquence, nous avons montré quelques avantages de ces pratiques tels que les avantages et biens de l'agroforesterie et des pratiques antiérosives et des méthodes agricoles mieux appropriés sur les rendements économiques, agronomiques et environnementaux et synthétiquement comme le tableau l'a bien démontré la combinaison des trois pratiques agricoles dont la gestion intégrée de la fertilité des sols(le bon dosage des engrais organiques et minéraux le semis à distance et en ligne, le sarclage à temps , l'usage des pesticides biologiques etc.) , les pratiques antiérosives (courbes de niveaux, les haies antiérosives, la couverture vivante des sols, la jachère améliorée) de même que le mélange d'arbres ; arbustes et d'autres cultures sur une même parcelle, conduits à la maximisation du rendement agricoles. Ainsi, nous avons développé quelques théories économiques de base comme celles de l'adoption et de la production. Enfin, Ce chapitre est clôturé par quelques études empiriques similaires sur les facteurs d'adoption des pratiques agricoles et environnementales ainsi que sur leurs effets sur les rendements ; réalisées par d'autres chercheurs d'autres pays sur différentes cultures et les résultats trouvés.

CHAPITRE II. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Ce chapitre discute en premier l'origine des données utilisées dans cette étude ainsi que la technique de la formation de l'échantillon, la présentation de la zone d'étude, les outils de collecte de données utilisées ainsi que et enfin les définitions des différentes variables introduites dans le modèle.

II.1. Choix de la zone d'étude

Ce travail a été effectué dans la commune de Muramvya. Cette zone a été choisie pour le fait qu'il y a quelques années, les producteurs agricoles ont commencé à adopter des pratiques agricoles améliorées sur les cultures prépondérantes ; le maïs, le haricot et la pomme de terre. Nous avons choisi cette localité pour étudier l'effet de cette adoption sur le rendement des ménages agricoles adoptants en comparaison avec les ménages agricoles non adoptants et l'étude prend aussi en considération des pratiques environnementales.

II.2. Description de la zone d'étude

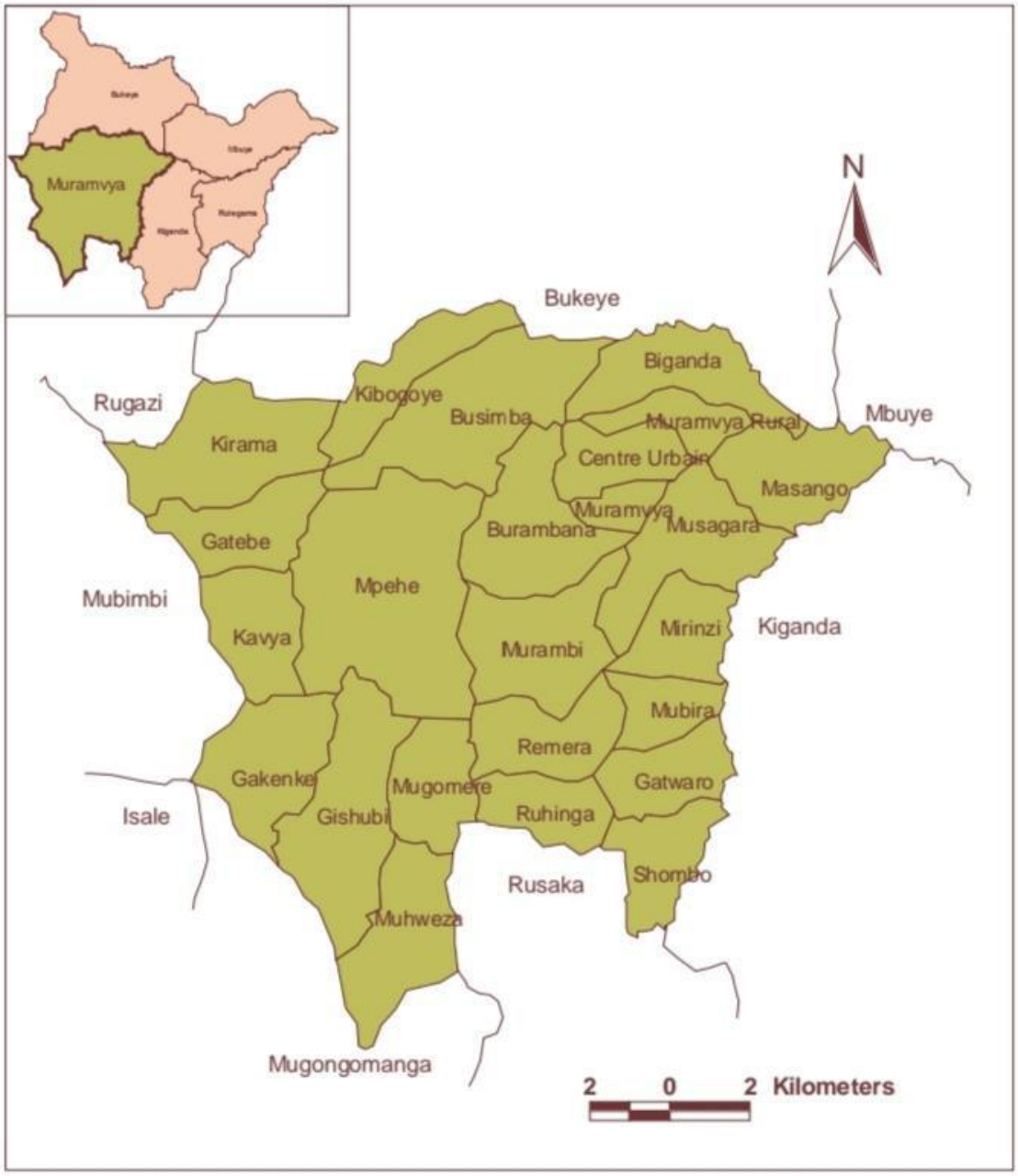
La commune de Muramvya est l'une des communes de la province de Muramvya comme la carte en bas l'indique. Elle est située au Sud-Ouest de cette province. Elle est délimitée au nord par la commune Bukeye et au Nord-Ouest par la commune Rugazi de la province Bubanza tandis que le Nord-Ouest se trouve la commune la commune Mbuye ; à l'Est se trouve la commune Kiganda, au Sud par la commune Rusaka de la province Mwaro et la commune Mugongomanga de la province Bujumbura et elle est delimitée à l'Ouest par les deux communes de la province Bujumbura Isale et Mubimbi. Elle est subdivisée en 24 collines réparties dans 4 zones (Shombo, Muramvya, Ryarusera, Bugarama).

Avec une altitude de 1856m et présente et des coordonnées 3◦15'0" et 29◦40'0" elle présente un relief de montagne et une pluviométrie élevée allant jusqu'à 922mm de pluie chaque année. Il fait sec pendant 96jours par an en moyenne avec un taux d'humidité estimé à 75% et la température moyenne est de 22°C degrés.

La commune de Muramvya a une superficie de 193Km² soit 28% environ de toute la province et 6% de la superficie nationale. Sa population est estimée environ à 100000 habitants et Son économie est essentiellement basée sur l'agriculture, l'élevage et le petit commerce. Elle connait trois régions naturelles, le Mugamba, le Kirimiro, et les Mirwa.

https://www.quandpartir.ch/burundi/muramvya-398773/

Figure 2 : Carte de la commune Muramvya



Source : PCDC Muramvya, 2009

II.3. Source de données et technique d'échantillonnage

II.3.1. Source de données

Les données utilisées dans cette présente étude sont issues d'une enquête auprès des exploitants agricoles de la commune Muramvya. Parmi ceux-ci, certains d'entre eux utilisent l'agriculture expérimentale en usant les pratiques agricoles modernes comme les producteurs faisant partie des membres de l'OAF-Tubura et d'autres ne les utilisent pas ; l'enquête a été réalisée sur les deux parties. Le questionnaire fait de manière à évaluer l'organisation des agriculteurs en termes de structure, de rôle et de responsabilités, a été le principal instrument de collecte de données utilisées au cours de cette enquête. En ce qui concerne la sélection des répondants de l'échantillon, la technique d'échantillonnage probabiliste a été utilisée.

II.3.2. Technique d'échantillonnage

L'objectif était d'avoir un échantillon composé de 384 producteurs agricoles dans toute la commune de Muramvya. Ainsi, nous avons passé dans toutes les zones faisant cette commune où le nombre des enquêtés ont été choisi de façon raisonnée et cela pour le fait que certains agriculteurs utilisant les pratiques OAF-Tubura sont dans des groupements et de façon aléatoire pour les exploitants n'utilisant pas ces dernières. 152 exploitants utilisant les pratiques modernes ont été choisis et 232 exploitants ont été choisis aléatoirement comme membres n'utilisant pas les pratiques modernes. Les données collectées incluent en particulier les caractéristiques sociodémographiques et socio-économiques des ménages agricoles.

Ainsi, les producteurs visés concernent les adoptants des BPA sur la culture du maïs, haricot et la pomme de terre. La taille totale de l'échantillon des ménages a été déterminé à l'aide de la formule de Cochran (1977) Anderson et Williams (2007).

$$\mathbf{n} = \frac{t^2 p(1-p)}{e^2}$$

Où :

n : taille de l'échantillon pour une population mère très grande (infinie) ;

t : coefficient dont la marge est de 1.96 ; s : seuil de confiance de 95% ;

e : la marge d'erreur que l'on se donne pour la grandeur voulant estimer = 0,05

p : proportion des éléments de la population-mère ou probabilité de succès ou probabilité de réalisation positive qui présentent une propriété donnée (lorsque p est inconnue, on utilise p = 0.5) ;

Ainsi notre taille de l'échantillon devient :

$$\mathbf{n = \frac{1{,}96^2 * 0{,}5(1-0{,}5)}{0{,}05^2}}$$

n = 384

L'aide de la technique d'échantillonnage proportionnelle à la taille, un échantillon total de 384 ménages d'exploitants agricoles a été enquêté.

II.3.3. Technique de collecte des données

La collecte des données a été faite à partir du questionnaire d'enquête conçu par l'auteur en accompagnement de l'entretien auprès des chefs des ménages enquêtés. Cette étude utilise les données primaires recueillies par méthode d'enquête auprès des ménages agricoles de la commune de Muramvya et utilise un questionnaire comme outil de collecte d'informations relatives à notre thématique et l'application kobocollect destiné à collecter les données d'enquête sur terrain ont été utilisés. En ce qui concerne d'autres types d'informations, ces dernières ont été recueillies via d'autres ouvrages documentaires, les articles, les mémoires de Master ainsi que des thèses doctorales proches de notre sujet d'étude. Les données qualitatives comme le sexe du chef de ménage, l'accès au crédit en intrants agricoles ou en argent, le type d'élevage etc. Ainsi que les variables quantitatives comme le nombre de personne vivant dans le ménage, le revenu touché par le chef du ménage… ont fait objet de l'enquête.

II.3.4. Méthode et outils d'analyse des données

Après la collecte des données à l'aide du logiciel Kobocollect, nous avons entamer l'autre étape concernant la saisie et analyse de ces dernières en utilisant les outils comme Excel et STATA 15. L'analyse des données a été faite en analyse descriptive et analyse économétrique. L'analyse descriptive a été utilisée pour décrire les caractéristiques socio-économiques et sociodémographiques des producteurs agricoles enquêtés ainsi que les pourcentages des adoptants et non adoptants des BPA faisant notre objet d'étude. L'usage des pratiques agroforestières ainsi que les pratiques antiérosives a été estimée aussi grâce à l'analyse descriptive en utilisant le logiciel SPSS.

L'analyse des contraintes a été faite des tests statistiques appropriés. L'analyse de la régression du modèle Probit a été utilisé pour estimer les facteurs déterminant l'adoption des pratiques améliorées sur les trois cultures faisant notre étude ; le maïs, le haricot et la pomme de terre ont été pris comme cultures de référence. La régression Probit est l'analyse de régression à utiliser lorsque la variable dépendante est dichotomique c'est-à-dire de type binaire.

L'appariement par score de propension a été utilisé pour estimer l'impact d'adoption des pratiques agricoles améliorées sur le rendement du maïs, haricot et la pomme de terre ; le PSM estime un effet de traitement moyen à partir des données d'observation.

II.4. Description des variables du modèle

Les Variables dépendantes : cette étude vise à comparer les exploitants utilisant les pratiques modernes et les exploitants n'utilisant pas ces pratiques. Donc, les variables à étudier ici sont au nombre de deux (adoption et rendement)

- Adoption : c'est une variable est qualitative binaire c'est-à-dire ça prend la valeur 1 si le ménage a adopté les pratiques modernes et prend 0 si le ménage ne les a pas adoptés
- Rendement : ici le rendement est utilisé comme variable résultat de la première ; pour mesurer l'impact de cette adoption.

Les Variables indépendantes :

Le sexe du chef de ménage

Le sexe est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur est un homme et 0 s'il est une femme. Du fait que les hommes ont plus accès aux services de la vulgarisation et aux facteurs de la vulgarisation agricole que les femmes (Traoré et Dabo, 2012), le genre masculin aura un effet positif sur la formation et l'adoption des BPA. D'ailleurs, au Malawi Chirwa (2005) montre que la présence d'une femme à la tête d'un ménage influence négativement les décisions d'adoption des nouvelles technologies en agriculture.

L'âge du chef d'exploitation

C'est une variable quantitative continue. C'est une caractéristique sociodémographique qui peut influencer l'adoption. Cependant nous supposons que plus on est jeune, plus on est ambitieux et on est ouvert aux systèmes de pratiques culturales actuels. Au moment où les individus âgés sont nostalgiques et réfractaires à tout changement, Alene et Manyong (2006) et (Chirwa 2005) trouvent que les agriculteurs très âgés pourraient être moins aptes à utiliser avec efficience certaines nouvelles technologies, ils peuvent être plus réticents à accepter les produits issus des nouvelles technologies comparativement aux jeunes.

Niveau d'éducation

C'est une variable qualitative ordinale c'est-à-dire elle peut prendre des modalités différentes continues. Ça prend 0 si l'exploitant n'a pas de niveau d'étude formel, 1 si le producteur agricole a un niveau primaire, 2 si l'exploitant a un niveau secondaire et 3 lorsque l'exploitant a un niveau d'étude universitaire. C'est une variable qui peut expliquer positivement l'adoption des nouvelles technologies en agriculture. D'ailleurs de Gedefa, (2010) et Yokamoo (2020) ont conclu que les gens les plus instruits sont beaucoup ouverts d'adopter les pratiques innovantes pour ce, l'on pourrait imaginer que les agriculteurs ayant un niveau d'éducation plus élevé ont une meilleure compréhension de la technologie, et donc plus disposés à juger son utilité et son adoption. L'effet attendu de cette variable sur la formation et l'adoption des bonnes pratiques est positif.

Taille du ménage

Cette variable quantitative nous renseigne sur le nombre de personnes vivant dans le ménage. Le nombre d'actifs du ménage indique le niveau de main d'œuvre mobilisable pour les activités et peut ainsi diminuer les besoins de recrutement par exemple dans les postes de labour, de semis, de surveillance contre les oiseaux, de récolte et de battage. Ces postes sont les plus exigeants en main d'œuvre agricole (Fall, 2005). En effet, une technologie exigeante en main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses qui, de ce fait, seront plus favorables à son adoption. Ce qui ne serait pas le cas pour les familles moins nombreuses. La taille du ménage augmente ainsi la probabilité qu'au moins un membre du ménage soit formé sur l'utilisation des BPA.

Niveau de revenu

C'est une variable quantitative qui peut être positivement significative pour l'adoption des bonnes pratiques agricoles ; ainsi, les producteurs riches sont exposés à adopter facilement les nouvelles technologies agricoles pour le fait que ces derniers sont disposés à bien se procurer des intrants nécessaires et une main d'œuvre adéquate. Ce n'est pas miraculeux que les producteurs de niveau des revenus élevés adoptent les BPA facilement ; Endrias 2003, Tefari et *al.* 2013,

Superficie totale

Les grands producteurs sont plus exposés aux innovations car ils constituent le plus souvent les cibles privilégiées des programmes de vulgarisation agricole. Ainsi, l'effet attendu de la superficie sur l'adoption des BPA est positif.

Le type d'élevage

Ici la variable est qualitative qui prend des modalités différentes elle prend 0 lorsque le producteur ne pratique pas d'élevage, 1 si l'exploitant pratique l'élevage des vaches et 2 si le producteur fait l'élevage des petits ruminants (chèvres, moutons, porcs…) ; c'est une variable qui peut influencer positivement l'adoption aux BPA pour le fait que le producteur possédant les animaux d'élevage reçoit facilement du fumier et du revenu en provenance de ces derniers.

Accès au crédit

Les difficultés d'accès au crédit pourraient impacter la décision d'adoption des nouvelles technologies. Les agriculteurs, en général, font face à des contraintes de liquidités en périodes hors récoltes. L'accès des agriculteurs au crédit renforcerait donc l'usage de certains intrants. Il s'agit d'une variable qui prend la valeur 1 si le producteur a eu accès à un crédit pour la production et 0 sinon.

Le tableau qui suit montre une description synthétique des variables incluses dans le modèle ainsi que leurs signes attendus :

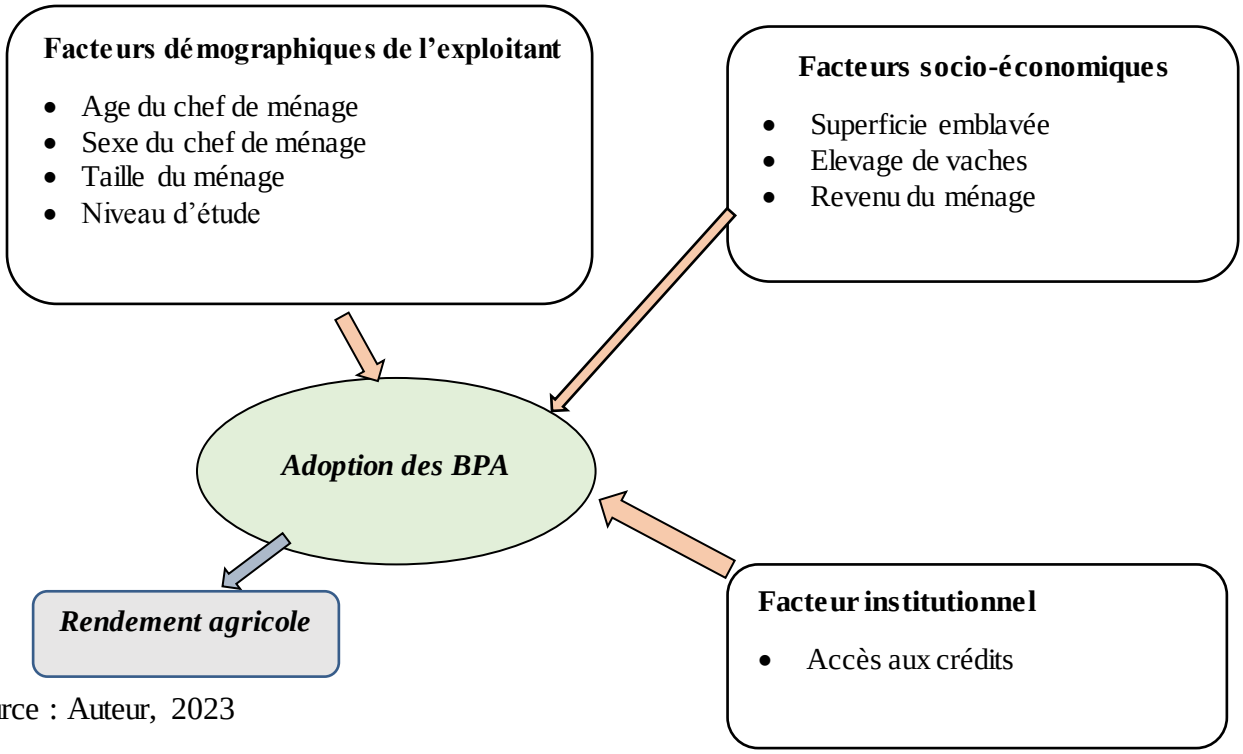
Les variables du modèle sont les suivantes :

Tableau 3 : Les variables introduites dans le modèle

Modèle	Nom de la variable	Nature de la variable	Modalité	Signe attendu
ADOPAE	Adoption des BPA	Qualitative	Binaire : 1= adoptant 0= sinon	N/A
SEXE	Sexe	Qualitative	Binaire : 1=homme 0=femme	+
AGE	Age	Quantitative continue		+/-
Niv_Educ	Niveau d'éducation		Ordinale : 0=Aucun 1=Primaire 2=Secondaire 3=Supérieur	+
EFMEN	Taille du ménage	Quantitative		+/-
NIV_REV	Niveau de revenu du chef du ménage	Quantitative		+
SUPERTOT	La superficie totale de l'exploitant	Quantitative		+
ELEV	Le type d'élevage pratiqué par le producteur	Qualitative	Ordinale : 0=si le producteur n'a pas d'animaux 1=si l'exploitant a de petits ruminants 2=si l'exploitant a des vaches	+
ACCE_CRED	Accès au crédit agricole	Qualitative	Binaire : 1=si le producteur a accès 0 : sinon	+
U	Terme d'erreur			

Source : Auteur, 2023

Figure 3 : Cadre conceptuel de l'étude



Source : Auteur, 2023

II.5. Modélisation des facteurs déterminant l'adoption des BPA

Plusieurs études sur les déterminants d'adoption ont été faites en utilisant couramment des modèles logit et probit pour étudier les relations entre les caractéristiques des ménages et d'autres variables à caractère dichotomique. Ces dernières s'utilisent pour établir les relations entre la probabilité du choix et les variables déterminant ce choix (Program et *al.*, 1993; Rabe et *al.*, 2017).

Ici la variable à expliquer est de type binaire ; c'est-à-dire elle prend la valeur 0 lorsque l'exploitant agricole n'adopte pas les BPA au moment où la variable prend la valeur 1 au cas où l'exploitant agricole adopte les BPA. Le modèle étudie donc la relation entre la variable dépendante et les variables explicatives.

Pour qu'un producteur agricole décide d'adopter une technologie où une pratique nouvelle, il est évident que celui-ci voit une utilité éventuelle à tirer de cette dite pratique ; en prenant la fonction d'utilité comme une fonction fondamentale du producteur i en fonction de "X".

$$\begin{cases} U_{i1}(X) = b_1 X_i + \varepsilon_{i1} \ , \ pour\ un\ producteur\ agricole\ adoptant\ les\ BPA (1) \\ U_{i0} = b_0 X_i + \varepsilon_{i0} \ , pour\ un\ producteur\ agricole\ n'adoptant\ pas\ les\ BPA\ (2) \end{cases}$$

Ici pour qu'un producteur agricole accepte de produire en utilisant les BPA, il voit une utilité qui sera tirée supérieure à l'utilité tirée des pratiques utilisées antérieurement ; autrement dit l'adoption des BPA augmente l'utilité du producteur suite à l'augmentation du rendement agricole.

$$U_{i1} > U_{i0} \ (3)$$

Ainsi, pour qu'un producteur donné adopte les bonnes pratiques agricoles, la probabilité est donnée par les formules suivantes :

$$P_i = P(U_{i1} > U_{i0})$$
$$P_i = P(b_1 X_i + \varepsilon_{i1} > b_0 X_i + \varepsilon_{i0})$$
$$P_i = P(\varepsilon_{i0} - \varepsilon_{i1} < b_1 X_i - b_0 X_i)$$
$$P_i = P(\varepsilon_{i0} < bX_i)$$
$$P_i = F(X_i)$$

Lorsque P_i est la probabilité d'adopter une pratique agricole et 1-P_i la probabilité de ne pas l'adopter qui va s'exprimer comme suit :

$$1 - P_i = \frac{1}{1+e^{Wi}} \qquad (4)$$

W_i = est une variable dépendante (adoption ou non à une pratique agricole)

Ainsi, l'effet marginal de chaque variable explicative sur l'adoption d'une pratique agricole peut être calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_i} = P_i(1 - P_i)\beta_i$$

Le modèle à utiliser ici est de type Probit binaire (soit l'exploitant a adopté soit il n'a pas adopté)

Soit l'équation suivante :

Adoption des BPAi=ß0+ ß1SEXEi+ ß2AGEi+ ß3Niv_Educi+ ß4EFMENi+ ß5NIV_REVi+ ß6 SUPERTOTi+ ß7ELEVi+ ß8ACCE_CREDi+U

Où i représente le producteur agricole Yi représente la variable d'adoption ; expliquée par autant de variables Xi indépendantes ; ß représente les paramètres du modèle à estimer et *U : le* terme d'erreur.

II.5.1. Tests de la validité du modèle

De nombreux tests s'utilisent pour estimer la qualité du modèle Probit. De notre cas, les tests de validité retenus sont test de normalité des résidus, l'aire sous la courbe de ROC (AUC) et le test d'ajustement de Hosmer-Lemeshow.

II.5.1.1. Test de normalité des résidus

Le test de normalité des résidus de Jarque et Bera (1984), permet de vérifier la normalité de la distribution statistique

Le test repose sur les hypothèses suivantes :

Le test repose sur les hypothèses suivantes :

H_0 : Les résidus sont distribués de façon normale ;

H_1: Les résidus ne sont pas distribués de façon normale

La règle de décision :

- On accepte l'hypothèse H_0 si la valeur de la probabilité (Significativité) est supérieure à 5%;
- On rejette l'hypothèse dans le cas contraire.

Courbe de ROC (AUC)

L'aire sous la courbe ROC est une mesure de la performance du modèle (Neji et Jigorel, 2015). Un modèle parfait aura une mesure AUC de 1. Ainsi, plus le modèle est précis, plus la courbe ROC est proche du coin gauche du graphique vers le haut pour cela alors, la courbe ROC permet de déterminer dans quelle mesure le modèle est informatif.

Si l'aire est égale à 0.5, le modèle n'est pas informatif, entre 0.5 et 0.7, le modèle est faiblement informatif. Entre 0.7 et 0.8 le modèle est moyennement informatif, 0.8 et 0.9 le modèle est très informatif ; le modèle serait parfait lorsque l'aire de la mesure AUC est égale à 1.

II.5.1.2. Test d'ajustement du modèle (ou test d'Hosmer-Lemeshow)

Le principe du test de Hosmer-Lemeshow consiste à comparer les valeurs prédites et observées des modalités de la variable d'intérêt, après regroupement des individus en classes.

On utilise ensuite la distance de Khi-deux pour calculer la distance entre les fréquences observées et prédites. Lorsque cette distance est relativement petite, on considère que le modèle est bien calibré (WANGOU 2009).

Le test repose sur les hypothèses suivantes :

H_0 : le modèle est bien ajusté

H_1 : le modèle n'est pas bien ajusté.

La règle de décision :

- On accepte l'hypothèse H_0 si la valeur de la probabilité (Significativité) est supérieure à 5% ;
- On rejette l'hypothèse H_0 dans le cas contraire

II.5.1.3. Le test de multi colinéarité

Le test de multi colinéarité nous a aidés à vérifier avant tout d'abord que les variables explicatives ne présentent ce problème entre elles. Pour ce faire, la matrice de corrélation de Pearson nous a montré que les variables présentes dans notre modèle ne présentent pas des corrélations. Ensuite, un examen complémentaire VIF nous a révélé que le problème de multi colinéarité est absent dans notre modèle faisant notre objet d'étude.

Ainsi, les conditions sont : si VIF=1 signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre les variables explicatives du modèle ; et si VIF se trouve entre 1 et 5, les variables explicatives du modèle sont modérément corrélées ; si VIF est supérieur à 5, les variables du modèle sont hautement corrélées. Ainsi, le cas inverse, si le VIF est supérieur de 0.1, cela montre l'absence du problème de multi colinéarité.

II.6. Modélisation de l'impact d'adoption des BPA sur le rendement

L'objectif de notre étude porte sur analyser L'adoption des BPA et pratiques environnementales et son impact sur le rendement agricole de la zone d'étude. L'évaluation d'impact porte sur deux méthodes : la méthode expérimentale et la méthode quasi-expérimentale. La méthode expérimentale consiste à constituer de manière aléatoire deux groupes de la population étudiée : l'un avant la mise en œuvre du programme et l'autre après le programme, et l'impact est mesuré en comparant les résultats de deux groupes. Pour notre cas, la méthode quasi-expérimentale a été optée.

En effet, on ne peut évaluer l'efficacité du programme pour chaque bénéficiaire mais l'on peut plutôt mettre seulement en évidence son effet moyen sur les bénéficiaires (effet moyen du programme sur les traités). Ainsi, il n'est pas possible ici d'avoir un seul individu dans les deux cas c'est-à-dire en cas de traitement et de contrôle. Les groupes de contrôle peuvent présenter des éléments d'hétérogénéité inobservés (biais) qui peuvent influencer leur participation au programme évalué. La question des biais de sélection peut conduire à des résultats erronés des effets du programme (Heckman, Ichimura, Smith, et Todd, 1996).

Pour éliminer ou réduire les biais, des outils économétriques diverses sont utilisés en fonction des données disponibles. L'une des méthodes ici utilisée est la méthode quasi-expérimentale. Cette méthode utilise quatre (4) techniques différentes pour la construction du groupe de contrôle : l'appariement (matching) ou le « Propensity Score Matching » (PSM), l'exploitation des données longitudinales (différences in différences), le modèle de sélection et la méthode à variables instrumentales.

Pour notre cas, la méthode PSM a été choisie. La validité du PSM dépend de deux conditions : (a) l'indépendance conditionnelle (à savoir que les facteurs inobservés n'affectent pas la participation) et (b) l'importance du support commun ou de chevauchement dans les scores de propension à travers les échantillons des participants et des non participants Shahidur et al. (2009). Le score de propension (PSM) construit un groupe de comparaison statistique qui est basé sur un modèle de probabilité de la participation dans le traitement, en utilisant les caractéristiques observées. Les participants sont ensuite appariés sur la base de cette probabilité, ou score de propension, pour les non-participants. L'effet moyen du traitement est alors calculé comme la différence moyenne des résultats entre ces deux groupes. Cette méthode permet d'enlever les biais relatifs aux caractéristiques des adoptants et celles des non adoptants dans une pratique nouvelle agricole.

II.7. Principe de la méthode PSM « Propensity Score Matching »

La technique de PSM dont l'originalité du fondement provient de Rosenbaum et Rubin (1983) est une technique d'évaluation d'impact économique qui permet de résoudre le problème d'appariement sur deux groupes d'un même programme, le groupe de traitement et le groupe de contrôle.

L'appariement ne peut être obtenu que par la technique du matching. Cette méthode permet de montrer que les adoptants aux BPA parviennent à réaliser un rendement élevé par rapport aux non adoptants. La méthode suppose que les différences entre les deux groupes ne proviennent que dans les caractéristiques individuelles des producteurs agricoles. De ce faire, une fois ces différences enlevées, il ne restera l'effet d'adoption. L'adoption des BPA est représentée par une variable aléatoire T. Pour chaque ménage i, on a :

$$\begin{cases} Ti = 1 \; si \; le \; menage \; adoptant \;\; une \; pratique \; agricole \\ T_I = 0 \; si \; non \end{cases}$$

Ainsi, l'effet des bonnes pratiques agricoles est mesuré par la variable résultat Y_i variable latente :

$$\begin{cases} Y_{Ti} \; représente \; le \; résultat \; si \; le \; producteur \; adopte \; lesBPA; \; T = 1 \\ Y_{NTi} \; représente \; le \; résulatat \; si \; le \; producteur \; n'adopte \; pas \;\; les \; BPA; \; T = 0 \end{cases}$$

Ces deux variables correspondent aux résultats d'adoption des BPA. Elles ne sont jamais observées simultanément pour un même producteur. Pour un producteur adoptant, Y_{Ti} est observée tandis que Y_{NTi} est inobservé. Dans ce cas, la variable Y_{NTi} correspond au résultat moyen qui aurait été réalisé si le ménage n'avait pas participé (contrefactuel). Pour un ménage non participant, on observe au contraire Y_{NTi} tandis que Y_{Ti} devient inobservé.

Ainsi, la relation suivante déduit les variables potentielles d'adoption de chaque producteur :

$Y_i = T_i Y_{Ti} + (1 - T_i) Y_{NTi}$; où seul le couple (Y_{Ti}, T_i) est observé pour chaque producteur. Ainsi, l'effet causal de participation est défini pour chaque producteur par : $\Delta_i = Y_{1i} - Y_{0i}$

Cet effet est la différence entre ce qu'aurait le producteur comme rendement agricole s'il a adopté les BPA et le rendement qu'il aurait s'il n'a pas adopté les BPA. Comme un producteur ne peut être pris comme adoptant et non adoptant à la fois, l'estimation de l'effet pour chaque ménage semble difficilement analysée.

- L'effet moyen d'adoption de tous les exploitants agricoles :

$\Delta^{ATE} = E\,(Y_T - Y_{NT})$

- L'effet moyen d'adoption des exploitants ayant adopté les BPA :

$\Delta^{ATT} = E\,(Y_T - Y_{NT} \,|T = 1)$

-l'effet moyen d'adoption des exploitants n'ayant pas adopté les BPA :

$\Delta^{ATU} = E\ (Y_T - Y_{NT}\ |T = 0)$

En outre, la réalité est que la décision d'adopter une pratique agricole conduit à un résultat ; cette variable est affectée d'un biais de sélection.

E (Y|T = 1) – E (Y|T = 0) = E ($Y_T\ |T = 1) - E\ (Y_{NT}|T = 0) = E\ (Y_T\ |T = 1) - E\ (Y_{NT}|T = 1) + (Y_{NT}|T = 1) - (Y_{NT}|T = 0) = \Delta^{ATT} + B^{ATT}$; où B^{ATT} est le biais de sélection. Ce biais est lié par le fait que la moyenne des producteurs ayant adopté les BPA n'aurait pas été la même que ceux ayant adopté ces pratiques.

Ainsi, puisque la moyenne contrefactuelle des producteurs adoptants ($Y_{NT}|T = 1$) n'est pas observée, on doit choisir un substitut afin d'estimer l'effet moyen d'adoption sur les producteurs adoptant. Cela n'est possible que sous deux hypothèses : l'hypothèse d'indépendance conditionnelle et l'hypothèse du support commun.

II.7.1. Les hypothèses de l'appariement par scores de propension

La première hypothèse repose sur la sélection observable et l'indépendance conditionnelle : cette hypothèse montre que l'appariement repose sur l'ensemble des variables produisant le biais de sélection (variables de contrôle) sont observées (Rosenbaum et Rubin, 1983 ; Rubin et Thomas 1996 ; Imbens, 2004 ; Smith et Todd, 2005). Soit X_i le vecteur des variables observées. L'hypothèse de sélection sur les variables observables signifie que les variables latentes de résultats (Y_{NT},Y_T) sont orthogonales à la participation conditionnelle des caractéristiques (X). Sous cette hypothèse, il est possible d'annuler le biais de sélection en comparant les ménages à caractéristiques identiques.

La deuxième hypothèse consiste à l'existence d'un support commun : sous cette hypothèse le matching n'est possible que s'il existe un producteur n'ayant pas adopté les BPA et ayant les mêmes caractéristiques d'un autre producteur n'ayant pas adopté les BPA. 0 < P (T = 1|X) < 1. Le test de cette hypothèse repose sur une estimation de la zone de support commun (Todd, 2007).

II.7.2. La méthode d'estimation

Le processus d'appariement est donc effectué en trois étapes. La première étape consiste à utiliser un modèle Probit pour estimer le Score de propension. La seconde étape consiste à estimer l'ATT conditionnelle sur le score de propension (détermination de support commun et estimation de l'erreur standard) et, la troisième étape consiste à analyser l'effet des influences des variables non observables des estimations de l'impact ou de l'effet.

Le principe de la méthode d'estimation est d'utiliser les informations dont on dispose sur les ménages non traités ou non participants pour construire un contrefactuel pour chaque ménage traité. Ainsi, l'effet moyen de participation ou du traitement sur les participants ou traités est : $\Delta^{ATT} = (Y_T - Y_{NT}|T = 1) = (Y - Y|T = 1) = E\,[Y - E\,(Y|X,T = 0)|T = 1] = [(Y_T|T = 1, X = x) - E(Y_{NT}|T=1,X,=x)\ ]$

L'estimateur Δ^{ATT} est obtenu comme la moyenne des écarts de la situation des individus traités et du contrefactuel construit. Le problème revient à estimer $E\,(Y_{NT}|X = X_i\ ,T=0) = f_{(xi)}$, pour chaque ménage traité ou participant de caractéristiques X_i . Pour y arriver, il suffit d'abord de faire l'appariement sur la base du « Propensity Score Matching ». Il sera ensuite question de définir le support commun.

II.7.3. Le Support commun et la qualité d'appariement

L'appariement doit être fait sur le support commun ; c'est-à-dire l'intervalle des probabilités estimées commune au groupe de traitement et de contrôle. On détermine le support commun pour s'assurer que pour chaque ménage ayant adhéré aux coopératives agricoles, on puisse trouver au moins un ménage qui n'a pas accédé et qui possède le même score de propension. Les observations qui ont des valeurs extrêmes comme scores de propension doivent tout simplement être éliminées (Abadie et Imbens, 2015). Bien que le support commun puisse être obtenu par la méthode du plus proche voisin (Rubin, 1977) et la méthode du Kernel (Heckman et al. (1997 ; 1998), Nous avons procédé à la construction graphique du support commun.

La méthode des scores de propension produit naturellement un estimateur biaisé du fait que les données ne proviennent pas d'une expérience randomisée. Pour réduire ce biais, un appariement de bonne qualité est nécessaire. La qualité d'un bon appariement est jugée à partir de 4 critères :

- **Le biais standardisé moyen**

Pour chaque variable, le biais standardisé moyen est la différence des moyennes d'échantillon du groupe de traitement et de contrôle, divisée par la racine carrée de la somme des variances de la variable explicative dans chaque groupe. Un bon appariement doit avoir un biais standardisé moyen inférieur à 5% sur toutes les variables (Rubin, 2001).

- **Le test de significativité**

C'est le test classique de la qualité de l'appariement. Il s'agit de comparer les moyennes des variables explicatives entre le groupe traité et le groupe contrôle. Après appariement, ces différences ne doivent pas être significatives.

- **Significativité jointe Pseudo-R2**

Cette étape consiste à estimer une seconde fois les scores de propension sur l'échantillon des observations appariées et de comparer ensuite les pseudo-R 2 avant et après appariement. Le dernier doit être faible car le traitement est supposé aléatoire conditionnellement à X (Sianesi, 2004). Un autre moyen de juger de la qualité de l'appariement consiste à faire un test de ratio de vraisemblance sur la significativité jointe de toutes les variables dépendantes, avant et après appariement. Ce test ne doit pas être rejeté avant appariement mais il doit l'être après.

II.7.4. Choix de l'estimateur d'appariement

L'objectif de l'appariement est de construire un groupe traité comparable au groupe témoin pour permettre une estimation sans biais de l'effet de traitement sur les traités, tout en contrôlant les biais de sélection (caliendo & Kopeinig, 2008). Différents principaux estimateurs d'appariement sont : *le plus proche voisin, la stratification, le caliper, Kernel.*

Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode du *plus proche voisin*. Il s'agit de la méthode d'appariement la plus utilisée et relativement plus simple. Un participant du groupe traité est apparié avec un participant du groupe témoin sur la base du plus proche score de propension (Caliendo et Kopeinig, 2008).

Conclusion du deuxième chapitre

Ce deuxième chapitre nous a présenté les méthodes et outils de la collecte des données utilisées dans cette étude. La détermination de l'échantillon et la circonscription de la zone d'étude aussi ont été montrées ici dans cette partie, les outils nous aidant à aboutir au modèle de réalisation d'étude ainsi que les définitions des variables introduites dans le modèle également.

Ainsi, le modèle probité a été choisi pour déterminer les facteurs déterminant l'adoption de bonnes pratiques agricoles et la méthode d'appariement des scores de propension (PSM) a été choisi pour évaluer l'effet d'adoption des BPA sous les paramètres ATE, ATT, et ATU.

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS

Ce chapitre a pour finalité de cerner et d'expliquer l'impact des Bonnes Pratiques Agricoles et environnementales sur les différentes catégories des exploitants agricoles et sur trois cultures dont le maïs, le haricot et la pomme de terre ; en plus de l'agroforesterie et des pratiques antiérosives dans la localité d'étude. Les statistiques descriptives et les estimations du modèle Probit et PSM ont été réalisées avec le logiciel STATA 15 et SPSS qui sont des logiciels statistiques de gestion et d'analyse de données. L'analyse descriptive et économétrique de ce chapitre nous permettra de répondre à la problématique de cette étude.

III.1. Interprétation des résultats

III.1.1. Analyse descriptives des caractéristiques socioéconomiques et sociodémographiques des enquêtés

Tableau 4 : Analyse descriptive des variables qualitatives

Variable	Modalité	Adoptants des BPA		Non-Adoptants des BPA		Total	
		Fréq.	%	Fréq.	%	Fréq.	%
Sexe	Homme	104	27.08	135	35.16	239	62.24
	Femme	48	12.50	97	25.26	145	37.76
Niv_Educ	Sans niveau	15	3.91	93	24.22	108	28.13
	Primaire	67	17.45	106	27.60	173	45.05
	Secondaire	40	10.42	28	7.29	68	17.71
	Université	30	7.81	5	1.30	35	9.11
Élevage	Petit élevage	5	1.30	67	17.45	72	18.75
	Vache	147	38.28	165	42.97	312	81.25
ACCE_CRED	Oui	100	26.04	56	14.58	156	40.63
	Non	52	13.54	176	45.83	228	59.38

Source : Conçu par l'auteur à partir des traitements statistiques par le logiciel STATA 15

Les résultats de ce tableau 5 nous présentent certaines caractéristiques des enquêtés selon qu'ils soient utilisateurs des BPA ou pas. Dans ce tableau on y observe les caractéristiques telles que : le sexe, le niveau d'éducation, élevage et accès au crédit ; les statistiques de ce tableau montrent que la grande proportion des producteurs usagers des BPA est représentée par les ménages dirigés par les hommes (27.08%) contre une proportion de (12.50%) des ménages utilisateurs des BPA représentés par les femmes.

En ce qui concerne les non adoptants aux BPA, les résultats montrent que la grande proportion est représentée par des ménages dirigés par les hommes au niveau allant à (35.16%) tandis que les ménages dirigés par les femmes représentent (25.26%). Les résultats de ce tableau montrent aussi que sur tous les enquêtés, les hommes ne représentent que 62.24% alors que les femmes représentent 37.76%.

Pour la variable niveau d'éducation, les résultats de ce tableau montrent que ; pour les adoptants des bonnes pratiques agricoles, la proportion est répartie telle que : les adoptants des BPA sans niveau d'éducation formelle ne représentent que (3.91%) alors que les non adoptants représentent (24.22%) sur le total de (28.13%), les producteurs ayant le niveau primaire adoptant les BPA représentent (17.45%) contre (27.60%) n'adoptant pas les bonnes pratiques agricoles sur un total de (45.05%), les producteurs ayant un niveau d'étude allant jusqu'à l'école secondaire qui ont adopté les bonnes pratiques agricoles représentent (10.42%) au moment où les exploitants agricoles qui n'ont pas adopté ces pratiques représentent (7.29%) sur un total de (17.71%) et enfin, les producteurs ayant un niveau universitaire adoptant les pratiques agricoles modernes représentent (7.81%) contre (1.30%) non adoptants sur un total de (9.11%).

En ce qui est de la variable élevage, les résultats de ce tableau indiquent que les exploitants agricoles ayant adopté les pratiques agricoles modernes pratiquant le petit élevage ne représentent que (1.30%) tandis que les non adoptants qui pratiquent ce type d'élevage représentent (17.45%) sur un total de (18.75%) au moment où la proportion des éleveurs de vaches ayant adopté les BPA est représentée par (38.28%) contre (42.97%) des non adoptants des BPA qui pratiquent l'élevage des bovins sur un total de (81.25%).

Enfin, la variable accès au crédit comme le montre ce tableau, la vérité révèle que les producteurs ayant adopté les BPA qui ont accès au crédit agricoles en intrants ou en argent représentent (26.04%) contre une représentation de (14.58%) non adoptants des BPA alors qu'une représentation de (13.54%) n'ayant pas accès au crédit agricole est observée pour les exploitants agricoles adoptant les BPA contre une représentation de (45.83%) n'ayant pas accès au crédit agricole des non adoptants des BPA.

Tableau 5 : Analyse descriptive des variables quantitatives

Variable	Adoptants	Non adoptants	Total
	n : 152	n : 232	N : 384
	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Age	45.44079	46.43103	46.03906
Efmen	5.177632	5.073276	5.114583
niv_rev	116039.5	57232.76	80510.42
supertot	230.4934	126.1552	167.4557

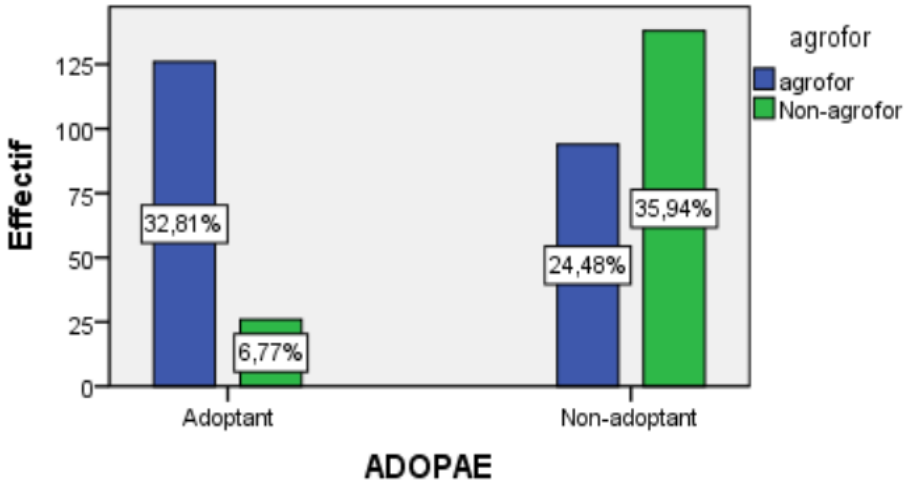
Source : Conçu par l'auteur à partir des traitements statistiques par le logiciel STATA 15

Le tableau 6 montre les résultats des variables quantitatives ; il s'agit des variables telles que l'âge, la taille du ménage, le niveau de revenu et la superficie totale. Les résultats de ce tableau indiquent que152 producteurs (c'est-à-dire un taux de 39.58%) ont adopté les BPA contre 232(c'est-à-dire un taux de 60.42%) n'ayant pas adopté les pratiques agricoles modernes sur le nombre total de 384 enquêtés. Les statistiques montrent que l'âge moyen des producteurs ayant adopté les BPA est autour de 45 ans au moment où l'âge moyen des producteurs n'ayant pas adoptés ces pratiques vient autour de 46 ans ce qui montre que la relation statistique entre l'âge et l'adoption des BPA n'est pas du tout significative.

La taille moyenne du ménage pour les adoptants que pour les non adoptants est environ 5 personnes ; la relation statistique entre la taille du ménage et l'adoption des BPA n'est pas aussi significative. Le tableau 6 montre que le revenu moyen des adoptants des BPA est grand que celui perçu par les non adoptants, ces derniers perçoivent respectivement en moyenne 116039.5 en Fbu au moment où les autres perçoivent 57232.76 en Fbu. En fin, les résultats de ce tableau indiquent que la superficie moyenne exploitée par les adoptants des pratiques agricoles modernes est relativement plus grande par rapport à celle exploitée par les non adoptants. Elle est de 230.4934 ares contre 126.1552 ares.

Les résultats du tableau 6 indiquent que l'âge moyen de tous les exploitants agricoles enquêtés est autour de 46 ans, la moyenne des personnes vivant dans un ménage est de 5 personnes ; les résultats renseignent aussi que le revenu moyen de tous les exploitants enquêtés est de 80510.42 en Fbu. Ces résultats montrent également que la moyenne de la superficie emblavée par les producteurs enquêtés est de 167.4557 ares.

Figure 4 : Adoption des pratiques agroforestières



Source : Auteur à partir des données enquête, 2023

Ce garphique montre la production des pratiques agroforestières pour les adoptants et les non adoptants des BPA . Il s'agit des bonnes pratiques de production économique et de protection de l'environnement (mélange des arbres et arbustes avec des cultures et de l'élevage sur une même parcelle) . Les exploitants agricoles de la localité ayant produits les cultures de référence tels que le haricot, le maïs et la pomme de terre et qui les ont mélangé avec les arbres comme *le Grevelea robusta,* arbres fruitiers et *le Calliandra calothyrsus* ainsi que les cultures fourragères comme *le Tripsacum laxum* et *le banna grass* ; ce graphique montre avec bâtonnets en bleu les adoptants des BPA au moment où les bâtonnets en vert montre les non adoptants.

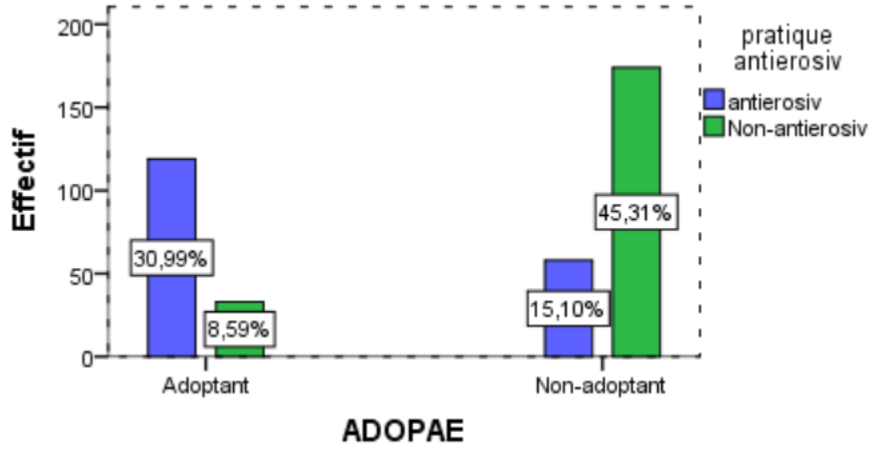
Le graphique indique que parmi 384 producteurs représentant le nombre total des enquêtés, 152 adoptants des BPA (32.81%) pratiques l'agroforesterie alors que seulement (6.77%) des adoptants n'en pratiquent pas. Parmi les non adoptants des bonnes pratiques agricoles, une grande partie (35.94%) ne font pas des pratiques agroforestières tandis que un nombre réduit allant à (24.48%) en pratique l'agroforesterie.

En effet, avec cette démonstration, il est évident de tirer une bonne conclusion que les producteurs ayant adopté les BPA en mélange avec les pratiques agroforestières parviennent à augmenter le rendement car un grand nombre d'adoptants ont utiliser ces pratiques. Il n'est pas étonnant qu'un producteur ayant des arbres et arbustes dans son champ ait de nombreux avantages économiques et écologiques voire sociaux pour le fait que : économiquement, les arbres ont un cout dans la menuiserie ou le chauffage (production du charbon) , le tuteur pour

le haricot volubile , le fourage pour ses vaches en stabulation permanente et un revenu supplémentaire pour celui qui ne pratique pas d'élevage. Les arbres et arbustes agroforestiers sont d'une importance capitale dans la lutte contre l'érosion du sol et par conséquent la protection des cultures dans les champs ; avec la chutte des feuilles, l'augmentation de la biomasse dans le sol et le piégeage du carbonne viennent pour confimer la reconstitution et la fertilité des sols.

En somme, l'agroforesterie est une pratique très importante dans la production ainsi que dans protection comme l'indique le graphique.

Figure 5 : Adoption des pratiques antiérosives



Source : Auteur à partir des données d'enquête, 2023

Ce graphique illustre le nombre en pourcentage des producteurs ayant utilisé les pratiques antiérosives et les producteurs qui n'ont pas utilisé ces pratiques. Parmi ces derniers, on observe avec les bâtonnets en bleu les pratiquants antiérosifs tandis que les bâtonnets en vert sont des non pratiquants.

Ce pendant, parmi le nombre total des enquêtés (384) les 152 adoptants des BPA ne représentent que 39.58% d'où parmi ceux-ci (30.99%) ont utilisé les pratiques antiérosives (les courbes de niveaux, terrasses progressives), contre (8.59%) ayant adopté les pratiques agricoles modernes mais n'ayant pas utilisé les méthodes antiérosives . Ainsi, pour les non adoptants des BPA répondant au nombre total de 232,ce nombre représente 60.42% du nombre total de tous les enquêtés n'ayant pas adopté les BPA ; on remarque que la grande partie des producteurs ne pratique pas la méthode antiérosive ; il s'agit de (45.31%) contre seulement (15.10%) seulement ayant utilisé la méthode antiérosive.

En analysant ces écarts en pourcentage des adoptants et des non adoptants des BPA, la conclusion est que la pratique antérosive a un rôle très important dans l'augmentation du rendement agricole ; cela s'explique par le fait que parmi les adoptants des BPA , un nombre faible a utilisé les pratiques antiérosives au moment où parmi les non adoptants de ces pratiques pas mal de producteurs agricoles n'ont pas utilisé cette méthode antiérosive.

Analyse des determinants des bonnes pratiques agricoles

Tableau 6 : Modèle estimé avec les effets marginaux

		Robust			
	Coef.	Std. Err.	z	P>z	Effets marginaux
1. sexe (homme)	.2918477	.1631617	1.79	0.074	.0684269
niv_educ (aucun)					
primaire	.719293	.2118514	3.40	0.001	.1766032
secondaire	1.24213	.2774399	4.48	0.000	.323678
universitaire	1.683557	.3482376	4.83	0.000	.4439948
age	-.0026362	.0069041	-0.38	0.703	-.0006188
efmen	-.0159105	.0322518	-0.49	0.622	-.0037347
niv_rev	5.55e-06	1.40e-06	3.97	0.000	1.30e-06
supertot	.001047	.0007625	1.37	0.170	.0002458
1.élevage (vache)	1.162959	.3168689	3.67	0.000	.2538468
1.acce_cred (Oui)	.9415418	.1623136	5.80	0.000	.2522814
_cons	-3.064001	.4930171	-6.21	0.000	

Probit regression		Number of obs	= 384
		Wald chi2(10)	= 105.76
		Prob > chi2	= 0.000
Log pseudolikelihood =	-159.42533	Pseudo R2	= 0.3815

Source : Auteur, à partir des données d'enquête, 2023

Le tableau 7 présente les facteurs déterminant les bonnes pratiques agricoles dans la commune de Muramvya ainsi que les résultats des effets marginaux. Les paramètres du modèle, y compris le log-vraisemblance, Wald chi2(10) = 105.76, prob>chi2 = 0.000 et Pseudo R2 = 0.3815 montre que le modèle est globalement significatif au seuil de 1%.

Cela indique que les variables prises en compte dans le modèle sont de bons prédicteurs de la probabilité d'adopter les bonnes pratiques agricoles dans la commune de Muramvya. Ici, les résultats du modèle probit identifient les 5 variables déterminant l'adoption des BPA. Les variables telles que ; le sexe du chef de ménage est positivement significatif au seuil de 10% tandis que les variables telles que le niveau d'éducation du chef du ménage primaire à 5%, secondaire et universitaire à 1% et le niveau de revenu du ménage, l'élevage des vaches ainsi que l'accès au crédit agricole sont significatives au seuil de 1%.

Le sexe du chef de ménage est significatif au seuil de 10% et donne la probabilité d'adopter les BPA. Les résultats du modèle indiquent que le fait que le chef d'un ménage soit un homme augmente les chances d'adopter les bonnes pratiques agricoles ; le signe positif de son paramètre indique que les hommes sont plus sensibles à adopter des nouvelles pratiques agricoles plus que les femmes. L'estimation de l'effet marginal suggère que si le producteur chef de ménage est de sexe masculin, toutes choses étant égales par ailleurs, la probabilité d'adopter les BPA augmenterait de 0.68 soit de 68%.

Les résultats du tableau 7 estimé à l'aide du modèle de régression Probit montrent que le fait d'avoir un niveau d'étude a une influence positive et significative sur l'adoption des BPA au seuil de 5% pour le niveau primaire et de 1% pour le niveau secondaire et le niveau universitaire. L'effet marginal suggère que le fait que le chef de ménage ait un niveau primaire augmente la chance d'adopter les BPA de 17.66%, le niveau secondaire l'augmente de 32.36% tandis que le niveau universitaire l'augmenterait de 44.39%.

Les résultats du modèle indiquent que le revenu total du ménage a une influence positive et significative sur l'adoption des bonnes pratiques agricoles au seuil de 1%.

L'élevage des vaches est significatif au seuil de 1% et a une influence positive sur l'adoption des BPA. Le signe positif du paramètre montre que, ceteris paribus ; si l'exploitant agricole pratique l'élevage des bovins, la probabilité d'adopter les bonnes pratiques agricoles augmenterait de 25.38%

Les résultats du tableau 7 estimés à l'aide du modèle Probit montre que la variable accès au crédit agricole a une influence positivement significative sur l'adoption des BPA. Cela signifie que si le producteur a un accès aux intrants agricoles, en maintenant les autres variables constantes ; la probabilité d'adopter les bonnes pratiques agricoles augmenterait de 25.22%.

Tableau 7 : Evaluation de la qualité d'appariement et réduction des biais

Variable	Unmatched Matched	Mean Treated	Control	%reduct bias	%bias	t-test		t	p>t
Sexe	U	.68421	.5819	21.3		2.03	0.043	.	
	M	.68421	.69737	-2.7	87.1	-0.25	0.805	.	
niv_educ	U	1.5592	.76293	95.2		9.33	0.000	1.52*	
	M	1.5592	1.5132	5.5	94.2	0.43	0.664	0.98	
age	U	45.441	46.431	-8.1		-0.78	0.438	0.88	
	M	45.441	44.671	6.3	22.3	0.56	0.577	0.92	
efmen	U	5.1776	5.0733	4.3		0.42	0.675	1.21	
	M	5.1776	4.9145	10.9	-152.2	0.88	0.382	0.86	
niv_rev	U	1.2e+05	57233	79.7		8.15	0.000	3.85*	
	M	1.2e+05	1.1e+05	2.4	96.9	0.18	0.859	1.23	
supertot	U	230.49	126.16	73.8		7.24	0.000	1.53*	
	M	230.49	248.57	-12.8	82.7	-0.83	0.407	0.50*	
levage	U	.96711	.71121	74.1		6.62	0.000	.	
	M	.96711	.98026	-3.8	94.9	-0.71	0.475	.	
acce_cred	U	.65789	.24138	91.9		8.91	0.000	.	
	M	.65789	.65132	1.5	98.4	0.12	0.904	.	

Source : Auteur à partir des données de l'enquête, 2023

La qualité de l'appariement a été évaluée selon plusieurs critères, suivant Rubin (2002), Kassie et *al.* (2011) et Bekele et *al.* (2014). D'abord, le tableau 8 présente les résultats des tests de significativité des différences de moyennes des Co-variables avant et après appariement et la réduction des biais pour chaque variable introduite dans le modèle. Avant l'appariement, les biais standardisés des covariances sont compris entre 4.3% et 95.2% en valeur absolue. Après appariement, les biais sont compris entre 1.5% et 12.8 en valeur absolue ce qui est beaucoup inferieur au niveau critique du seuil de 20% suggéré par Rosenbaum et Rubin (1985). Dans tous les cas, il est clair que les différences entre les échantillons des données appariées dépassent beaucoup les échantillons des données appariées ce qui donne confiance à nos résultats.

Le processus d'appariement crée un fort équilibre de covariances entre les échantillons de traitement et de contrôle utilisés dans la procédure d'estimation.

Le tableau 8 nous révèle que dans le test t toutes les variables sont devenues insignifiantes après appariement, alors que six variables étaient significatives avant appariement. Cela nous permet de dire que les groupes des adoptants et des non adoptants des BPA sont comparables sur le plan des variables observables.

Ces différences significatives des moyennes des variables explicatives avant appariement, sont supposées être à la base d'adoption des bonnes pratiques agro-environnementales dans la localité d'étude.

Tableau 8 : Contrôle de biais standardisés des variables indépendantes

Sample	Ps R2	LR chi2	p>chi2	MeanBias	MedBias	B	R %Va
Unmatched	0.380	196.01	0.000	56.1	74.0	171.8*	0.85
dMatched	0.007	2.97	0.936	5.7	4.7	19.7	1.29

Source : calculs de l'auteur à partir des données de l'enquête, 2023

Les résultats du tableau 9 indiquent une bonne qualité de l'appariement des exploitants agricoles enquêtés.

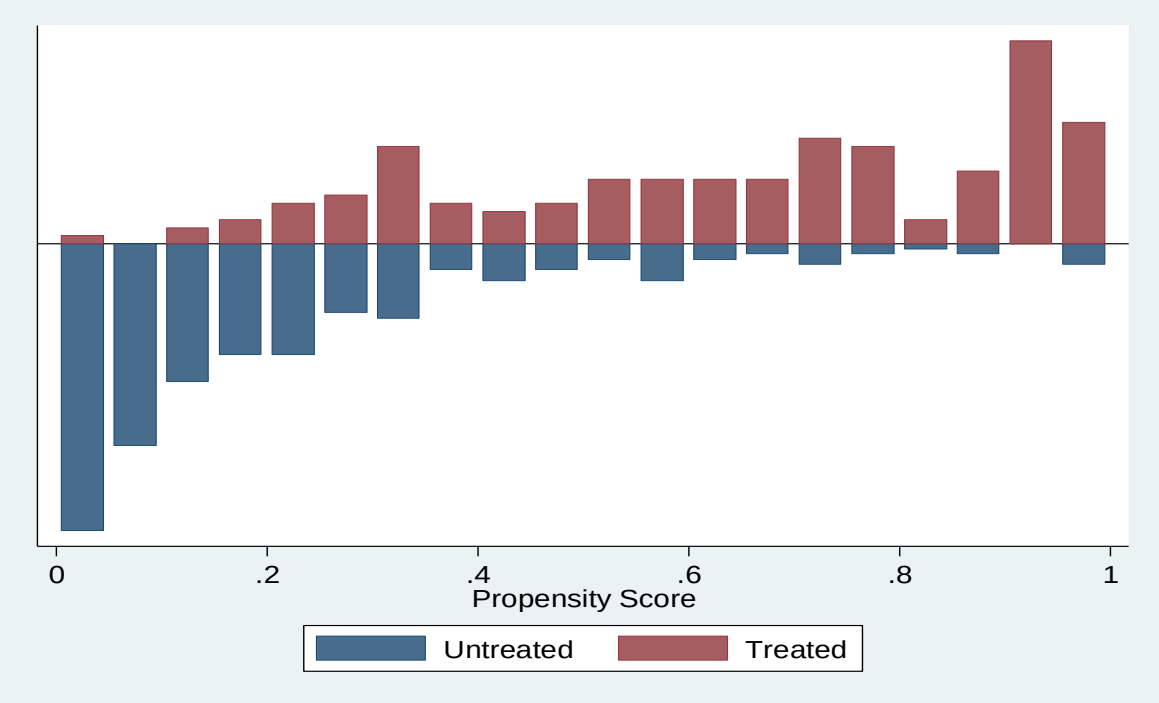
Cependant, pseudo-R2 est faible après appariement (0.7%) contre (38%) avant appariement.

En plus, le biais moyen est aussi très réduit par rapport à l'échantillon non apparié ; la moyenne des biais après appariement est devenue 5.7 contre 56.1 avant appariement. Encore plus, le test du rapport de vraisemblance indique que l'hypothèse nulle de la signification conjointe de toutes les co-variables pourrait être rejetée avant l'appariement p>chi2=0.000.

Contrairement, après appariement, avec le même test la signification conjointe de toutes les co-variables ne pourrait plus être rejetée p>chi2=0.936. Ces résultats indiquent que la propriété d'équilibre des scores de propension est satisfaite.

Le dernier critère à vérifier pour la qualité de l'appariement est la condition du support commun. Le support commun est toutefois satisfait avec une superposition des probabilités des adoptants et des non adoptants des BPA. Ce dernier est représenté par la figure suivante :

Figure 6 : Distribution des scores de propension et support commun

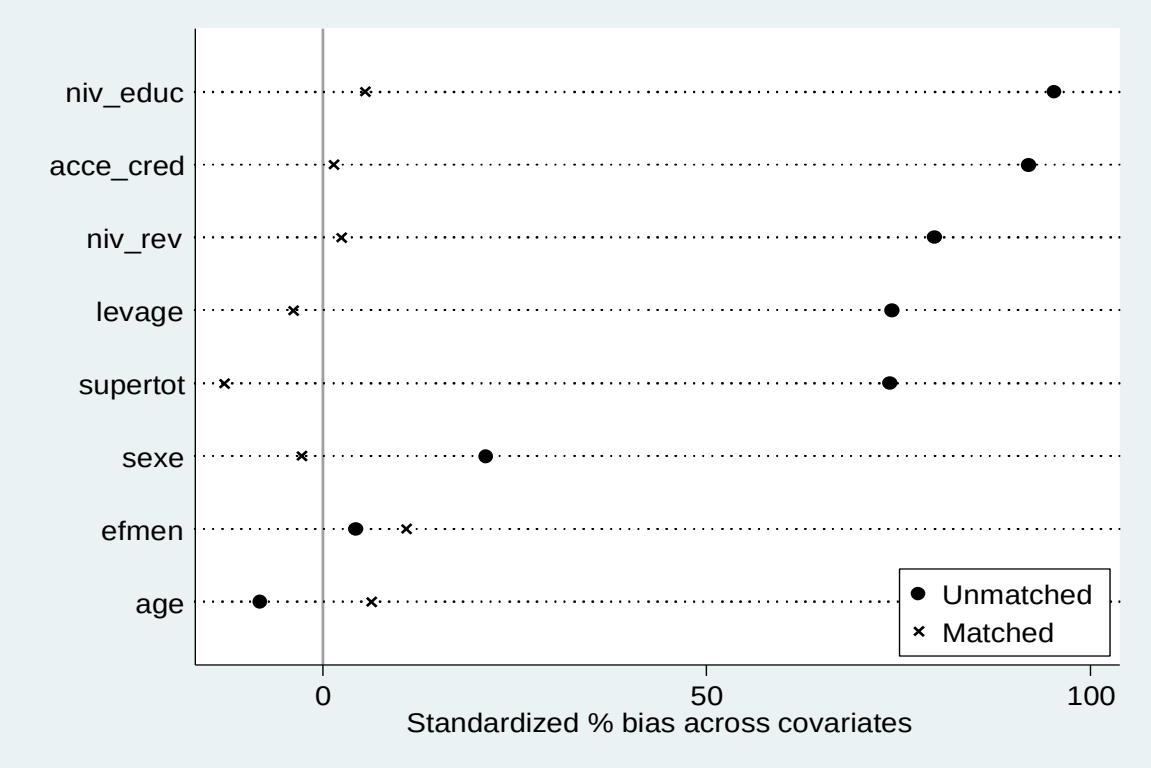


Source : Auteur à partir des données d'enquête, 2023

Note : « Untreated » fait référence aux non adoptants des BPA (le groupe contrôle) ; « Treated » fait référence aux adoptants des bonnes pratiques agricoles.

Les différents critères d'évaluation de la qualité d'appariement ont été remplis par le modèle. En outre, le support commun est respecté. Tout cela nous permet de calculer l'Effet moyen de Traitement sur les Traités ou l'ATT.

Figure 7 : Biais standardisés avant et après appariement



Source : Auteur à base des données de l'enquête, 2023

Comme l'indique la figure ci-haut, les biais standardisés sont représentés par des boutons en petits cercles noirs et par les petites croix après appariement. Il se montre une forte réduction de biais après appariement ; avant sa valeur était estimée à plus de 10% voire jusqu'à 100% comme les variables niveau d'éducation et accès au crédit. Après appariement, les variables comme âge du chef du ménage, la taille du ménage et la superficie totale emblavée pourraient encore avoir un biais standardisé moyen allant à 5%. Ce qui vient pour confirmer que les résultats obtenus sur cet échantillon sont meilleurs.

III.1.2. Les résultats de l'effet d'adoption des bonnes pratiques agricoles sur les trois cultures étudiées

Cette partie est consacrée à l'analyse de l'effet d'adoption des bonnes pratiques agricoles sur trois cultures étudiées, il s'agit du maïs, haricot et la pomme de terre. Le tableau 10 montre l'effet d'adoption des bonnes pratiques sur le rendement du maïs, le tableau 11 montre l'effet d'adoption sur le rendement du haricot ainsi que le tableau 12 le montre l'effet moyen du traitement sur le rendement de la pomme de terre.

Tableau 9 : Effet d'adoption des BPA sur le rendement du maïs

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	T-stat
Rendement du maïs	ATT	5.024	1.54	3.484	9.48
	ATU	1.36	3.86	2.5	
	ATE			2.11	

Source : Compilation de l'auteur, 2023

D'après les résultats du tableau 10, il est clair que les producteurs du groupe de traitement c'est-à-dire les adoptants des pratiques agricoles modernes ont réalisé un rendement moyen loin supérieur à celui du groupe de contrôle c'est-à-dire les non adoptants des BPA(ATT). Les producteurs agricoles ayant adopté les BPA ont réalisé en moyenne 5.024t/ha alors qu'ils auraient produit 1.54t/ha en cas de non adoption. Le T- test est de 9.48 supérieur à 1.96 ce qui signifie que les résultats sont statistiquement significatifs. La différence de 3.484t/ha signifie l'effet moyen de traitement. Autrement dit cette différence signifie le rendement moyen réalisé par les producteurs sous l'effet de l'adoption. Elle signifie également le rendement moyen que les producteurs agricoles auraient perdu s'ils n'adoptaient pas.

Contrairement aux résultats de la ligne ATU à la première colonne, les producteurs agricoles non adoptants des BPA ont réalisé un rendement moyen de 1.36t/ha au moment où le résultat contrefactuel, c'est à dire le rendement moyen que les producteurs auraient gagné s'ils adopteraient serait de 3.86t/ha. La différence de 2.5t/ha signifie le rendement supplémentaire qu'ils auraient gagné s'ils adoptaient autrement dit c'est le résultat hypothétique ou bien l'effet de traitement sur les non traités.

Ce résultat est corrélé aux résultats de Nacro et al. (2010) au Burkina Faso qui a fait l'étude de comparaison entre les producteurs du maïs par deux groupes, l'un des deux groupes utilisant les pratiques paysannes et l'autre utilisant les pratiques de production modernes ; l'étude a montré que les rendements obtenus dans les bonnes pratiques agricoles sont nettement supérieurs à ceux obtenus dans les pratiques paysannes.

Tableau 10 : Effet d'adoption des BPA sur le rendement du haricot

Variable	Sample	Treated	Controls	Effet du BPA	T-stat
Rendement du haricot	ATT	2.014	0.568	1.446	8.21
	ATU	0.463	1.641	1.178	
	ATE			1.230	

Comme pour le cas du maïs, le tableau 11 présentant l'effet d'adoption des bonnes pratiques sur le haricot, nous remarquons que les producteurs du groupe de traitement c'est-à-dire les adoptants des bonnes pratiques agricoles ont réalisé un rendement moyen aussi supérieur à celui du groupe de contrôle c'est-à-dire les non adoptants des BPA(ATT). Les producteurs agricoles ayant adopté les BPA ont réalisé en moyenne 2.014t/ha alors qu'ils auraient produit 0.568t/ha s'ils n'adoptaient pas. Le T- test est de 8.21 supérieur à 1.96 ce qui signifie que les résultats sont statistiquement significatifs. La différence de 1.446t/ha signifie l'effet moyen de traitement. Autrement dit, cette différence signifie le rendement moyen réalisé par les producteurs sous l'effet de l'adoption. Elle signifie également le rendement moyen que les producteurs agricoles auraient perdu s'ils n'adoptaient pas.

Contrairement aux résultats de la ligne ATU à la première colonne, les producteurs agricoles non adoptants des BPA ont réalisé un rendement moyen de 0.463t/ha au moment où le résultat contrefactuel, c'est à dire le rendement moyen que les producteurs auraient gagné s'ils adoptaient serait de1.641t/ha. La différence de 1.178t/ha signifie le rendement supplémentaire qu'ils auraient gagné s'ils adoptaient autrement dit c'est le résultat hypothétique ou bien l'effet de traitement sur les non traités.

L'étude empirique similaire de Pretty et *al.* (2006) montre des résultats similaires à ceux de notre étude pour le cas du haricot. L'étude a révélé que les producteurs qui ont utilisé les pratiques améliorées ont réalisé un rendement par hectare allant jusqu'au double de la production réalisée par les producteurs n'ayant pas utilisé les pratiques agricoles avancées.

Tableau 11 : Effet d'adoption des BPA sur le rendement de la pomme de terre

Variable	Sample	Treated	Controls	Effet des BPA	T-stat
Rendement du Pt	ATT	19.632	7.851	11.781	5.47
	ATU	6.321	17.856	11.535	
	ATE			8.924	

Les résultats de ce tableau 12 nous montrent que comme les deux autres cultures l'effet d'adoption des bonnes pratiques sur la pomme de terre, nous remarquons que les producteurs du groupe de traitement c'est-à-dire les adoptants des bonnes pratiques agricoles ont réalisé un rendement aussi supérieur à celui du groupe de contrôle c'est-à-dire les non adoptants des BPA(ATT). Les producteurs agricoles ayant adopté les BPA ont réalisé en moyenne 19.632t/ha alors qu'ils auraient produit 7.851t/ha s'ils n'adoptaient pas. Le T- test est de 5.47 supérieur à 1.96 ce qui signifie que les résultats sont statistiquement significatifs. La différence de 11.781t/ha signifie l'effet moyen de traitement. Autrement dit, cette différence signifie le rendement moyen réalisé par les producteurs sous l'effet de l'adoption. Elle signifie également le rendement moyen que les producteurs agricoles auraient perdu s'ils ne n'adoptaient pas.

Contrairement aux résultats de la ligne ATU à la première colonne, les producteurs agricoles non adoptants des BPA ont réalisé un rendement moyen de 6.321t/ha au moment où le résultat contrefactuel, c'est à dire le rendement moyen que les producteurs auraient gagné s'ils adoptaient serait de 17.856t/ha. La différence de 11.535t/ha signifie le rendement supplémentaire qu'ils auraient gagné s'ils adoptaient autrement dit c'est le résultat hypothétique ou bien l'effet de traitement sur les non traités.

Ce résultat est corrélé avec les résultats de l'étude de Tsion et *al.* réalisé en Ethiopie sur la comparaison des producteurs de la pomme de terre adoptants les pratiques culturales modernes contre les producteurs qui ne les adoptent pas. L'étude a prouvé que le rendement des adoptants est beaucoup supérieur au rendement des non adoptants et a confirmé ça va de pair avec la sécurité alimentaire.

III.1.3. Discussion des résultats

Les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence les facteurs déterminant l'adoption des bonnes pratiques agricoles et environnementales dans la commune de Muramvya. Le sexe du chef de ménage, le niveau d'étude du chef de ménage, le niveau de revenu du ménage, l'élevage de vaches et l'accès au crédit agricole sont autant de facteurs déterminants l'adoption aux BPA dans la zone d'étude. Ces résultats confirment ceux d'autres études empiriques similaires mais aussi n'en infirment ceux d'autres.

Pour ce qui est de l'influence du sexe de chef du ménage sur l'adoption des pratiques culturales, la significativité est confirmée par cette étude ; les résultats de cette étude ont montré que dans la commune de Muramvya, le sexe du chef de ménage a un impact positif sur la décision de participer dans la production des cultures de référence et cela démontre que dans la plupart de cas, ce sont les hommes qui décident de produire en qualité et en quantité avec des pratiques technologiques améliorées. Cela est expliqué par le fait que ce sont les hommes chefs de ménages qui ont une décision directe sur la vie de tous les membres de la famille.

Les résultats de cette étude ont montré que le niveau d'étude a une influence positive et significative sur l'adoption des bonnes pratiques agro-environnementales. Les résultats de notre étude ont confirmé que, dans la zone d'étude plus le niveau d'étude est élevé plus la chance d'adopter les pratiques améliorées l'est également. De cela, on pourrait dire qu'il n'est pas miraculeux qu'un producteur bien instruit adopte facilement les pratiques agricoles avancées parce qu'il a la formation et il est ouvert à des nouvelles technologies. On sait que le niveau d'étude est un facteur clé déterminant non seulement l'adoption des nouvelles technologies mais aussi l'intensité de mieux les utiliser.

Les résultats de notre étude indiquent que le niveau de revenu du chef de ménage a une influence positivement significative sur l'adoption des BPA dans la zone d'étude. De ce fait, il n'est pas étonnant qu'un producteur agricole riche adopte une technologie nouvelle pour le fait que celui-ci s'acquiert des intrants, une main d'œuvre, la vulgarisation ainsi que la location des parcelles de façon simple parce qu'il a une capacité de paiement.

Les résultats de notre étude ont montré que dans la commune de Muramvya, l'élevage des vaches a une influence positivement significative sur l'adoption des bonnes pratiques agricoles.

Ainsi, la possession de vaches permet au producteur agricole à recevoir de façon facile la fumure organique qui est mélangée à son tour par la fumure organique. Cela augmente le maintien de la fertilité des sols et d'ailleurs les déjections de ces animaux contribuent beaucoup dans la gestion intégrée de la fertilité des sols. Non seulement les vaches contribuent à donner du fumier au producteur, mais aussi leur possession est un indicateur de richesse par le revenu qui en découle.

Les résultats de notre étude ont révélé que l'accès au crédit agricole qu'il soit en intrants ou en argent est significativement positif sur l'adoption des BPA dans la zone d'étude.

Les résultats du PSM (appariement par les scores de propension) viennent confirmer un effet positif d'adoption des bonnes pratiques agricoles sur le rendement des exploitants. Cela implique que l'utilisation des pratiques agricoles améliorées ont une influence positive sur le rendement agricole de toutes les trois cultures de référence ; ainsi parmi les trois cultures de référence : maïs, haricot et la pomme de terre, les résultats ont confirmé un effet positif d'adoption des BPA.

Ainsi, les résultats de l'analyse descriptive des enquêtés ont montré que parmi les adoptants des bonnes pratiques agricoles, un grand nombre d'entre eux ont pratiqué l'agroforesterie tandis que parmi les non adoptants de ces pratiques un grand nombre n'utilisent pas cette pratique. De ce qui est des pratiques antiérosives, comme pour l'agroforesterie, un grand nombre d'adoptants utilisent cette pratique alors qu'un grand nombre des non adoptants ne l'utilisent pas. Cela peut confirmer que, comme les adoptants des BPA ont augmenter un rendement de façon remarquable par rapport aux non adoptants, l'agroforesterie et la pratique antiérosive ont eu un effet positive sur le rendement des trois cultures de référence ; cela n'est pas étonnant parce que l'arbre avec la chute continuelle des feuilles augmentent la biomasse et par conséquent la fertilité du sol ; la pratique antiérosive également, par protection de l'érosion du sol fait que la protection de la culture soit garantie et par conséquent, le rendement est augmenté.

En général, les résultats de cette étude ont permis de montrer les facteurs positifs déterminant l'adoption des bonnes pratiques agricoles en prenant comme référence les cultures telles que le maïs, haricot et la pomme de terre qui se manifestent dans l'estimation de l'appariement des scores de propension PSM.

Conclusion troisième chapitre

Ce chapitre a montré l'analyse descriptive des résultats en termes de laquelle on a conclu que les variables telles que ; le sexe du chef du ménage, le niveau d'étude du chef du ménage, le niveau de revenu du ménage, l'élevage des vaches ainsi que l'accès au crédit agricoles expliquent positivement et significativement l'adoption aux bonnes pratiques agricoles et environnementales. Ce chapitre a montré aussi l'effet de l'adoption sur le rendement des exploitants agricoles de la zone d'étude prenant comme référence sur trois cultures dont le maïs, le haricot et la pomme de terre. Les résultants ont confirmé que l'effet d'adoption est positif sur toutes les trois cultures et en plus de ça, les pratiques agroforestières et antiérosives ont révélé que leur complémentarité avec les cultures est d'une importance capitale dans l'augmentation du rendement agricole.

CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS ET LIMITES

Notre étude donne une information pertinente sur l'adoption des bonnes pratiques agricoles et les pratiques environnementales et son impact sur le rendement agricole en prenant trois cultures de référence dans la commune de Muramvya. L'étude s'est concentrée sur les facteurs influençant l'adoption de ces pratiques et l'effet de l'adoption sur le rendement du maïs, haricot et la pomme de terre. En se référant sur les résultats trouvés, il est bon de formuler des recommandations et suggestions qui pourraient aider à améliorer la pertinence et la sensibilisation de l'information face aux producteurs de la zone d'étude. Ainsi, tout travail scientifique nécessite toujours des améliorations raison pour laquelle il est nécessaire de montrer les limites de cette étude.

Conclusion générale

L'objectif général de cette étude est d'analyser les facteurs déterminant l'adoption des bonnes pratiques agricoles et de mesurer son impact sur les rendements des exploitants dans la zone d'étude. Partant de cet objectif principal, deux objectifs spécifiques ont conduit cette étude. Le premier objectif spécifique est d'identifier les facteurs déterminant l'adoption des bonnes pratiques agricoles et le second est de mesurer l'impact que l'adoption a eu sur les rendements.

Pour bien montrer l'effet d'adoption de bonnes pratiques agricoles et répondre aux questions de notre recherche, nous nous sommes servis des théories relativement proches à notre sujet.

En effet, nous avons fait des entretiens auprès de 384 ménages agricoles de la commune Muramvya choisies de manière raisonnée et d'autres choisies aléatoirement dans le recueil des données. De la collecte des données, nous nous sommes servis du logiciel KoboCollect et après, le nettoyage et le codage des variables nous ont permis d'avoir une base de données complète.

Ainsi, à base des logiciels Excel, STATA15 et SPSS nous sommes parvenus à traiter les données, les présenter et les interpréter et nous ont permis d'arriver aux résultats de nos objectifs.

Cependant, les résultats trouvés en utilisant le modèle Probit sur les déterminants d'adoption des bonnes pratiques agricoles dans la zone d'étude ont révélé que le sexe du chef de ménage, le niveau d'étude du chef de ménage, le niveau de revenu du ménage, l'élevage des vaches ainsi que l'accès au crédit agricole ont une influence positive et statistiquement significative sur l'adoption des bonnes pratiques agricoles ce qui nous permet la nécessité d'infirmer notre hypothèse de départ stipulant que les facteurs socioéconomiques et démographiques n'influencent pas l'adoption aux bonnes pratiques agricoles.

Les résultats de notre étude ont montré que l'adoption des pratiques agricoles améliorées fait accroitre le rendement. Cela est démontré par les résultats donnés par la méthode d'appariement par scores de propension (PSM) sur les trois cultures faisant notre étude ; pour le maïs, l'adoption aux BPA permet l'augmentation en moyenne de 3.484t/ha, pour le haricot l'adoption aux BPA augmente le rendement le moyen de 1.446t/ha et pour la culture de la pomme de terre l'augmente en moyenne de 11.781t/ha ce qui nous a permis de confirmer notre deuxième et troisième hypothèses qui stipulent que les producteurs agricoles utilisant les bonnes pratiques parviennent à augmenter le rendement et que les non adoptants n'augmentent pas leur rendement agricole. Les résultats de cette étude ont révélé que la grande partie des adoptants ont pratiqué l'agroforesterie et les pratiques antiérosives et que les non adoptants les ont utilisés dans de proportion assez très faible.

Enfin, en se basant sur ces résultats, on peut conclure que les bonnes pratiques agricoles en les accompagnant des pratiques environnementales sont à prendre comme un outil et un moyen très important dans l'augmentation du rendement agricole et animal, dans la protection et dans le maintien de la fertilité des sols ainsi que dans la lutte contre l'insécurité alimentaire.

Recommandations

Afin de promouvoir l'adoption des bonnes pratiques agricoles et environnementales par tous les producteurs agricoles, en se basant sur les résultats de notre étude ; les recommandations suivantes sont transmises aux organismes concernés :

1. **Aux décideurs politiques :**

- ❖ D'inciter les producteurs agricoles à adopter l'agriculture améliorée, offrir des formations d'usage des pratiques agricoles modernes ; enseigner l'éducation environnementale.
- ❖ Sensibiliser les producteurs agricoles à adhérer dans des groupements coopératifs agricoles afin de rendre facile l'octroi des crédits agricoles en intrants ; mettre en place les mesures d'accompagnement de ces derniers.
- ❖ Mettre en place des politiques de soutien des agriculteurs ; rendre accès facile des intrants nécessaires et de bonnes qualités agricoles et assurer le suivi de leur utilisation.
- ❖ Mettre en place une assurance agricole pour compenser des victimes des aléas climatiques.

2. **Aux producteurs agricoles**

- ❖ Renforcer les capacités techniques et organisationnelles des producteurs agricoles,
- ❖ D'adopter les bonnes pratiques de productions agricoles en mélange avec les pratiques de protection de l'environnement afin d'augmenter le rendement et assurer la protection de leurs champs.
- ❖ De participer dans des coopératives agricoles afin de maximiser les chances de diversifier leurs revenus ; de recevoir des crédits agricoles et non agricoles.

3. **Aux organismes non gouvernementaux**

- ❖ De rendre facile l'octroi des crédits en intrants et de leur offrir aux exploitants agricoles à temps ; de chercher des semences de qualité améliorée et qui durent un temps de récolte relativement court (qui ne dépasse pas la durée saisonnière).
- ❖ D'inciter, sensibiliser et accompagner les agriculteurs à adopter les pratiques culturales améliorées ; et de rester brancher sur leur objectif.

Limites de l'étude

Cette étude comme tant d'autres travaux de recherche scientifiques présentent un engouement dans sa capacité en provenance de la pertinence de son objectif et la méthodologie utilisée pour parvenir à de bons résultats. En revanche, cette étude comporte des limites relevant de la complexité de la réalité du monde rural, des outils utilisés ainsi que les variables étudiées.

De prime abord, les variables étudiées pour le premier objectif ne présentent pas une liste exhaustive des variables à étudier se présentant dans la localité d'étude ; cela implique que d'autres facteurs non pris en compte dans cette étude peuvent être à la portée de significativité. Ensuite, les données répondant au deuxième objectif sont difficiles à recueillir auprès des agriculteurs n'ayant pas le même niveau de formation d'où les estimations de la superficie emblavée, et de la production réalisée étant donné que la récolte du monde rural est repartie de plusieurs façons ; une part est autoconsommée , une autre est stockée tandis que d'autres parts peuvent être orientées dans des faits sociaux et tout cela sans que le producteur n'en connaisse la mesure d'où la non exactitude des données et par conséquent des résultats.

Une autre limite de ce travail est que celui-ci a pris en compte trois cultures seulement alors que la localité en comporte d'autres ce qui nous pousse à inviter d'autres chercheurs à élargir le champ d'étude en mesurant le rendement sur d'autres cultures(la banane, le blé , la patate douce, le maraichage, etc.) ; en plus, il n'est pas facile de calculer la part des pratiques environnementales sur la production des cultures pour le fait que ces dernières présentent tant d'avantages diverses(économiques, agronomiques et sociaux).

Enfin, notre étude s'est limitée en commune Muramvya dans la province de Muramvya en raison des contraintes de temps et des moyens financiers. D'autres études similaires à la nôtre sont utiles dans d'autres communes faisant cette province ainsi que dans tout le pays pour avoir une vue nationale. L'outil d'analyse utilisé (PSM) aussi présente des biais car dépendant uniquement des caractéristiques observables d'autres méthodes expérimentales et quasi expérimentales pouvant capter les variables observables et les variables non observables pourraient donner des résultats meilleurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alene, A. D. et **Manyong**, V. M. (2006). Farmer-to-farmer technology diffusion and yield variation among adopters: the case of improved cowpea in northern Nigeria. *Agricultural Economics*, 35: 203-211

Ali, A., & Abdulai, A., 2010. Adoption du coton génétiquement modifié et réduction de la pauvreté au Pakistan. *Journal of Agriculture Economics*, 6.

Arouna A. et **Diagne** A. (2013). Impact de la production de semence sur le rendement et le rendement des ménages agricoles : étude de cas du Bénin. *4th International Conférence of the African Association of Agricultural Economics.* 22-25 Septembre. Hammamet, Tunisie.

Asfaw, S., Shiferaw, B., Simtowwe, F. et Haile, M., 2011. Adoption de la technologie agricole, contraintes d'accès aux semences et commercialisation en Éthiopie. *Journal of Development and Agricultural Economics*, **3(9) :** 436-477.

Audebert A., **Blavet** Didier. (1992). Sols, états de surface et rendements du cotonnier en station expérimentale (Togo central). Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, 27 (2), 153-166. ISSN 0029-7259

Banque Mondiale (2008). L'agriculture au service du développement. Rapport sur le développement dans le monde 41456. 36p. 978-0-8213-7299-9

Chales Kambale., 2012 : Agroforesterie, un outil de l'agriculture durable.

Chirwa EW, (2005). Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern Malawi. *Development Southern Africa* 22(1) :1–12.

Diagne A et **Demont** M, (2007). Taking a new look at empirical models of adoption: Average treatment effect estimation of adoption rates and their determinants. *Agricultural Economics* 37 : 201–10.

Diagne, A. (2009). Méthodologie d'évaluation d'impact. Cours sur l'évaluation d'impact, ADRAO, avril 2009.

Diagne, A. (2011). Quelles perspectives pour un marché régional du riz ? Vers une politique commercial régionale conforme aux objectifs de développement et de sécurité alimentaire. Quels impacts pour l'agriculture malienne ? 31p

Diagne, A. et **Zeller**, M. (2001). Access to Credit and its Impact on Welfare in Malawi. Research Report No. 116. Washington, D.C.: *International Food Policy Research Institute*.

Fall, **A.A., (2005).** Impact économique de la recherche sur le riz au Sénégal et en Mauritanie. In : *Agronomie Africaine, CORAF*, Numéro Spécial, ISSN n°1015-2288, 53-6, décembre.

FAO (2002). Rapport spécial mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et des disponibilités alimentaires au Mozambique. Disponible sur http://www.fao.org/3/y6885f/y6885f00.htm.

Feder, G., Just, R.E. et Zillberman, D., 1985. Adoption des innovations agricoles dans les pays en développement : une enquête. Développement économique et changement culturel, ***33*(2)**:255-298.

Gueye, M. (2016). « Amélioration de techniques de semis, de fertilisation et de récolte du fonio blanc (*Digitaria exilis Stapf* ; *Poaceae*) au Sénégal Oriental et en Casamance (Sénégal) ». Thèse de doctorat N° d'ordre : 196 : Biologie, Physiologie et Production Végétales/ protection et production végétales. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Février 2016, 189p

ISABU, 1992 : Séminaire sur l'érosion des sols au Burundi ; Bujumbura.

Malthus, T. (1960) Essai sur la population (3e éd.). New York. : Random House. Mango, N., Makate, C., Mapemba, L. et Sopo, M., 2018. Le rôle de la diversification des cultures dans l'amélioration de la sécurité alimentaire des ménages dans le centre du Malawi. Agriculture et sécurité alimentaire, **7(1)**:1-10.

MEEATU, 2011 : Etude sur les coûts de l`inaction contre la dégradation des sols au Burundi. Bujumbura**.**

Miller, R.L., 2015. Théorie de la diffusion de l'innovation de Rogers (1962, 1995). Dans *Information seek behaviour and technology adoption: Theories and trends* (261-274). IGI Global.

Nacro S, Ouedraogo S, Traore K, Sankara E, Kabore C, Ouattara B. (2010). Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci., 4(4) : 1044-1055.

Ndiaye, A. (2013). L'agriculture Sénégalaise de 1958 à 2012 : analyse et prospective. Ed: Harmattan, Décembre 2013, 226.p

Neumann, M., 2003. Modèle de processus de référence idéation pour la phase initiale de l'innovation (thèse de doctorat, Université de Grenoble).

Nkony, E., Schroeder, T. & Noorman. D. 1997. Facteurs affectant l'adoption de semences et d'engrais améliorés pour le maïs dans le nord de la Tanzanie. *Journal of Agricultural Economics.*

Rogers, E. M. (1983). Diffusion of Innovations. 3rd Edition. *The free press*. London. 453p.

Rosenbaum, P. (2001). Observational Studies. Second Edition. Springer-Verlag. New York.

Rosenbaum, P. R et Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effets. *Biometrika*, 70, p. 41-55.

Rosenbaum, P., and D. Rubin.1985. "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. Biometric 70(1): 41–55.

Rosenbaum, P.R. and Rubin, D.B., 1983. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects.

Rosenbaum, P.R., Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observation studies for causal effects. Biometrika 70(1), PP. 41-55

Rubin, D. & Thomas, D. 2000. Combining propensity score matching with additional adjustments for prognostic covariates. *Journal of American statistical association.*

Rubin, D. B. (2001). Using propensity scores to help design observational studies: application to the tobacco litigation. Health Services and Outcomes Research Methdodology, 2, 169-188

Rubin, D. B., Thomas, N. (1996). Matching using estimated propensity scores, relating theory to practice. Biometrics, 52 (1), PP.249–264

Rubin, D., B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. Journal of Educational Psychology 1974; 66(5): PP. 688–701.

Rubin, D., B. (1977). Assignment to treatment group on the basis of a covariate. Journal of Educational Statistics 1977; 2(1):1–26. Printer's correction note 3, 384.

Teferi, T., 2013. Adoption de variétés de sorgho améliorées et préférence pour les caractères variétaux des agriculteurs dans le district de Kobo, dans la zone laine du nord, en Éthiopie. Université Haramaya, Dire Dawa, Éthiopie.

Wabwile, V.K., 2016. Effet des variétés de pommes de terre améliorées sur la sécurité alimentaire des ménages dans le comté de Bungoma, Kenya (thèse de doctorat, Université Egerton).

Wani, T.A. et Ali, S.W., 2015. Théorie de la diffusion de l'innovation. *Journal de recherche en gestion générale.* **3(2)***:101-118.*

ANNEXES

Annexe1 : Tableau de la régression

Probit regression — Number of obs = 384
Wald chi2(10) = 105.76
Prob > chi2 = 0.0000
Log pseudolikelihood = -159.42533 — Pseudo R2 = 0.3815

adopae	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
1.sexe	.2918477	.1631617	1.79	0.074	-.0279433	.6116387
niv_educ						
1	.719293	.2118514	3.40	0.001	.3040719	1.134514
2	1.24213	.2774399	4.48	0.000	.6983579	1.785902
3	1.683557	.3482376	4.83	0.000	1.001024	2.36609
age	-.0026362	.0069041	-0.38	0.703	-.0161679	.0108956
efmen	-.0159105	.0322518	-0.49	0.622	-.0791229	.0473019
niv_rev	5.55e-06	1.40e-06	3.97	0.000	2.81e-06	8.30e-06
supertot	.001047	.0007625	1.37	0.170	-.0004476	.0025415
1.levage	1.162959	.3168689	3.67	0.000	.5419074	1.784011
1.acce_cred	.9415418	.1623136	5.80	0.000	.6234131	1.259671
_cons	-3.064001	.4930171	-6.21	0.000	-4.030297	-2.097706

Régression du modèle probit

Probit regression — Number of obs = 384
Wald chi2(10) = 105.76
Prob > chi2 = 0.0000
Log pseudolikelihood = -159.42533 — Pseudo R2 = 0.3815

adopae	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
1.sexe	.2918477	.1631617	1.79	0.074	-.0279433	.6116387
niv_educ						
1	.719293	.2118514	3.40	0.001	.3040719	1.134514
2	1.24213	.2774399	4.48	0.000	.6983579	1.785902
3	1.683557	.3482376	4.83	0.000	1.001024	2.36609
age	-.0026362	.0069041	-0.38	0.703	-.0161679	.0108956
efmen	-.0159105	.0322518	-0.49	0.622	-.0791229	.0473019
niv_rev	5.55e-06	1.40e-06	3.97	0.000	2.81e-06	8.30e-06
supertot	.001047	.0007625	1.37	0.170	-.0004476	.0025415
1.levage	1.162959	.3168689	3.67	0.000	.5419074	1.784011
1.acce_cred	.9415418	.1623136	5.80	0.000	.6234131	1.259671
_cons	-3.064001	.4930171	-6.21	0.000	-4.030297	-2.097706

Tableau des effets marginaux

```
Average marginal effects                        Number of obs   =        384
Model VCE    : Robust

Expression   : Pr(adopae), predict()
dy/dx w.r.t. : 1.sexe 1.niv_educ 2.niv_educ 3.niv_educ age efmen niv_rev
               supertot 1.levage 1.acce_cred
```

	dy/dx	Delta-method Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
1.sexe	.0684269	.0381168	1.80	0.073	-.0062808	.1431345
niv_educ						
1	.1766032	.0484012	3.65	0.000	.0817387	.2714678
2	.323678	.0682752	4.74	0.000	.1898611	.4574949
3	.4439948	.0858544	5.17	0.000	.2757233	.6122663
age	-.0006188	.0016147	-0.38	0.702	-.0037835	.0025459
efmen	-.0037347	.0075514	-0.49	0.621	-.0185352	.0110658
niv_rev	1.30e-06	3.13e-07	4.17	0.000	6.91e-07	1.92e-06
supertot	.0002458	.0001749	1.41	0.160	-.000097	.0005886
1.levage	.2538468	.055696	4.56	0.000	.1446848	.3630089
1.acce_cred	.2522814	.0458669	5.50	0.000	.1623839	.342179

Résultats du test VIF

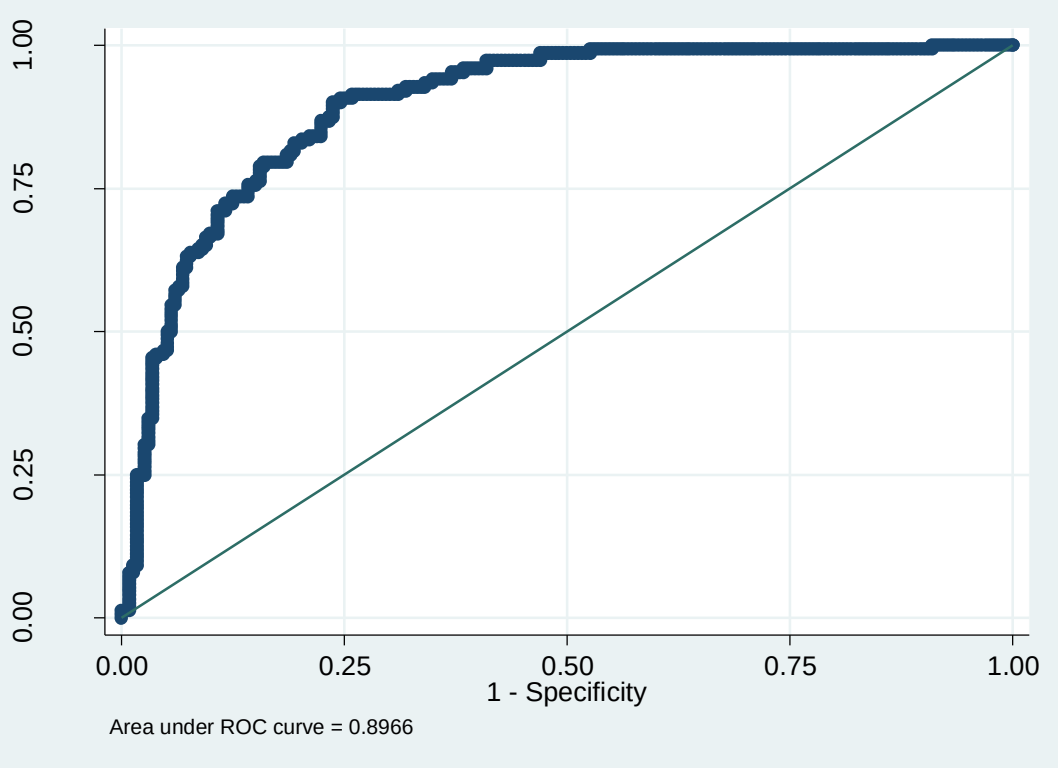
Variable	VIF	1/VIF
supertot	1.34	0.748649
niv_rev	1.19	0.838290
levage	1.15	0.870973
acce_cred	1.14	0.874317
niv_educ	1.14	0.878714
age	1.12	0.890206
efmen	1.05	0.952127
sexe	1.04	0.965960
Mean VIF	1.15	

Analyse de la corrélation des variables du modèle

	sexe	niv_educ	age	efmen	niv_rev	supertot	levage
sexe	1.0000						
niv_educ	0.1208	1.0000					
age	-0.0995	-0.1529	1.0000				
efmen	0.0149	0.0261	0.1616	1.0000			
niv_rev	0.0331	0.1840	-0.0301	-0.0354	1.0000		
supertot	-0.0103	0.1839	0.1858	0.0122	0.3672	1.0000	
levage	0.0525	0.0932	0.0682	0.0512	0.1720	0.2995	1.0000
acce_cred	-0.0557	0.2101	0.0095	0.1250	0.1398	0.2077	0.2343

	acce_c~d
acce_cred	1.0000

Test de bonnes prédictions du modèle avec la courbe ROC



QUESTIONNAIRE DESTINÉ «ANALYSE DE L'ADOPTION DES BONNES PRATIQUES AGRO-ENVIRONNEMENTALES ET DE L'IMPACT SUR LE RENDEMENT DES EXPLOITQNTS DE LA COMMUNE MURAMVYA AU BURUNDI »

SINDAYIGAYA Eloi, Étudiant/Chercheur

MASTER EN ECONOMIE RURALE, SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE

0. PRELIMINAIRE

0.1 Date de l'enquête :

0.2 Province :

0.3 Commune :

0.4 Colline/ Village :

0.5 Type d'agriculture : 1. Agriculture patrimoniale

2. Agriculture expérimentale

3. Agriculture Semi-expérimentale

I. DONNEES GENERALES SUR LE MENAGE

I.1. Nom du chef de famille ……

Sexe du Chef. Ménage :

Statut matrimonial : 1. Célibataire 2. Marié(e) 3. Veuf (veuve)

I.2. Niveau d'instruction formelle

Niveau	Aucun	Primaire	Secondaire	Universitaire
	0	1	2	3

I.3. Si aucun niveau d'instruction formelle, alphabétisé(e) ?

1. Oui 2. Non

I.4. Age du chef de ménage : ……ans

I.5.Le nombre d'individus dans le ménage (taille de ménage)

Réponse :(à préciser le nombre) ……individus

I.6. Avez-vous quel type de revenu ?

1. salarial 2.non salarial 3.les deux à la fois

I.7. Combien de revenu (en Fbu) vous touchez par mois (niveau de revenu) ?

Réponse :(à préciser et /ou estimer) ……Fbu

I.8. Quelle superficie totale de votre ménage (en ares) ?

1) moins de 50 2) 50 3)100 4) plus de 100 / la réponse peut être précise ou estimée

II.1. Vous pratiquez de l'agriculture expérimentale ?

1. Oui 2. Non

II.2. Si Oui vous utilisez toute la superficie ou une partie pour cette agriculture ?

1. Toute la superficie 2. Une partie de la superficie

II.3. Avez-vous des animaux pour élevage ?

1. Oui 2. Non

Si Oui de quel type ?

1. Vaches 2. Chèvres 3. Porcs 4. De bassecour 5. Élevage mélangé

II.4. Avez-vous un compost ?

1. Oui 2. Non

II.5. Etes-vous membre d'une organisation d'exploitants agricoles ?

1. Oui 2. Non

II.6. Avez-vous accès au crédit agricole ?

1. Oui 2. Non

Si Oui de quel type ?

1. En argent 2. En intrants agricoles

II.7. Avez-vous accès à la vulgarisation ?

1. Oui 2. Non

II.8. Avez-vous bénéficié une formation en agriculture expérimentale ?

1. Oui 2. Non

III.9. Quelle main d'œuvre utilisez-vous ?

1. Familiale 2. Payante 3. Mixte

III.10. Combien de kg avez-vous produit la dernière saison (production de la saison passée) ?

1. Maïs (……kg) 2. Haricot (……kg) 3. Pomme de terre (……kg)

Quelle superficie cultivée pour le maïs en are ?

Réponse……

……

Quelle superficie cultivée pour le haricot en are ?

Réponse ……

……

Quelle superficie cultivée pour la pomme de terre en are ?

Réponse ……

……..

III.11. Quels types de semences utilisez-vous ?

1. Améliorées 2. Locales 3. Les deux à la fois

III.12. Avez-vous d'autres activités non agricoles ?

1. Oui 2. Non

Si Oui lesquelles ?

1. Commerce 2. Artisanat 3. Autres

III.14. Combien de temps vous pratiquez l'agriculture expérimentale (expérience) ?

1. Moins de 5ans 2. 5ans et plus 3. 10 ans 4. Plus de 10ans

(Ici la réponse peut être estimée car la variable est continue) ……ans

III.14.1. Combien de temps vous pratiquez l'agriculture du maïs (expérience) ?

Réponse…….

III.14.2. Combien de temps vous pratiquez l'agriculture du haricot (expérience) ?

Réponse……

III.14.3. Combien de temps vous pratiquez l'agriculture pomme de terre (expérience) ?

Réponse…….

III.15. Vous pratiquez de l'agroforesterie ?

1. Oui 2. Non

Si Oui de quel type ?

1. Arbres 2. Arbustes 3. Fourrages 4. Tous à la fois

III.16. Est-ce que vous utilisez des pratiques antiérosives ?

1. Oui 2. Non

Si Oui comment ?

1. Courbes de niveaux 2. Haies antiérosives 3. Tous à la fois

III.17. Vous mettez en jachère vos parcelles ?

1. Oui 2. Non

III.18 Avez- vous fait une formation en rapport avec la protection de l'environnement ?

1. Oui 2. Non

III.19. Vous faites l'association des cultures ?

1. Oui 2. Non

IV. Recommandations

VI.1. Selon vous quels sont les trois problèmes qui semblent être les plus préoccupants pour les pratiques agricoles modernes dans votre région ?

1……
……
……....
2……
……
…….
3…….
.....
.....

VI.2. Face aux problèmes que rencontrent les systèmes de production agricole, que préconisez-vous faire pour une meilleure protection de l'environnement dans votre région ?

1……
……
……
2……
……
……