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

Effets des innovations en matière de résilience de l’ agriculture face aux changements climatiques au Burundi : Cas de la commune RUGOMBO

NSHIMIRIMANA, Ernest; Sous la direction de : Prof. Dr. Ir Jean NDIMUBANDI

2022-08
UB, FACULTE D’AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE (FABI)
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/635

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE (FABI)

DEPARTEMENT DE SOCIO-ECONOMIE RURALE

MASTERE EN DEVELOPPEMENT RURAL ET AGRO-BUSINESS

Effets des innovations en matière de résilience de l'agriculture face aux changements climatiques au Burundi : Cas de la commune RUGOMBO

Réalisé Par :

Ernest NSHIMIRIMANA

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du :

Diplôme de Mastère en Développement Rural et Agro-business

Sous la direction de : **Prof. Dr. Ir Jean NDIMUBANDI**

Bujumbura, Août 2022

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président : Dr. Ir. GAHIRO Léonidas

Secrétaire : Dr. Ir. GAHUNGU Antoine

Membre : Pr. Dr. Ir. NDIMUBANDI Jean

DEDICACE

A l'Eternel Dieu le tout puissant ;

A mes parents Zacharie NZANIYE et Léonie NDAYISABA ;

A notre regretté grand Frère Prosper NTIRABAMPA, dont sa mort hâtée ne lui a pas permis de jouir le fruit de ses efforts ;

A mes grands frères et sœurs ;

A mon beau-frère ;

A mes oncles et tantes ;

A Mr Freddy NTAGUNDUKA (BUNYONI);

A mes amis ;

A tous ceux qui se sentent fiers de ce travail ;

A tous ceux qui me sont chers.

Nous dédions ce mémoire

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est le fruit d'une longue aventure scolaire qui a débuté dès l'âge de six ans à l'école Primaire de RORERO. Elle s'est poursuivie jusqu'à ce stade. Avant et durant cette aventure, des personnes m'ont accompagné et m'ont permis de franchir la ligne d'arrivée. Je tiens ici à les en remercier.

Bien conscient que ces quelques mots sont loin de refléter la grandeur du rôle précieux que vous avez joué dans la réalisation de ce travail, mes remerciements les plus sincères vont particulièrement à l'endroit de mon directeur Prof Dr. Ir Jean NDIMUBANDI qui, en dépit de ses multiples occupations, n'a ménagé aucun effort pour encadrer ce travail. Votre rigueur scientifique et votre esprit critique m'ont permis d'améliorer ce travail ; Je vous en suis infiniment reconnaissant.

Je remercie également les autres enseignants de la FABI en département de Socio-Economie Rurale notamment Prof. Dr. Ir. Sanctus NIRAGIRA, Dr. Ir. Nicodème NIMENYA et le Dr. Ir. Antoine GAHUNGU pour la qualité de la formation tant morale qu'intellectuelle qu'ils nous ont donnée.

Mes sentiments de reconnaissance s'adressent également au gouvernement du Burundi qui a pu nous octroyer régulièrement la bourse et le prêt-bourse durant notre cursus universitaire. Minime soit-elle, celle-ci reste quand même indispensable pour permettre aux enfants burundais potentiels d'affronter l'université.

Merci à mes parents d'avoir toujours été présents pour m'accompagner depuis mes premiers pas. Mon combat est de vous rendre fiers. Merci à mes frères et sœurs, Merci à mon beau-frère Ernest NIYONKURU pour son soutien tant moral que financier.

Mes sentiments de gratitude vont aussi à l'endroit de Mr Freddy NTAGUNDUKA (BUNYONI) qui a tout fait pour mon bien-être depuis mon enfance jusqu'à ce jour.

Je ne saurai éteindre cette fièvre de reconnaissance qui m'anime sans adresser mes sincères remerciements à mon regretté grand frère Prosper NTIRABAMPA. Je manque de mots mais sache que tu as été d'un grand soutien pour moi. Je savais que je pouvais compter sur toi. Dieu te le rendra.

Ernest NSHIMIRIMANA

RESUME

Les innovations agricoles permettent d'améliorer la productivité, augmenter les revenus et assurer la sécurité alimentaire. Au Burundi, pas mal d'innovations agricoles ont été réalisées. L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'impact des innovations en matière de résilience de l'agriculture face aux changements climatiques au Burundi. Spécifiquement, il s'agit d'analyser l'impact des innovations agricoles sur la vie socio-économique des agriculteurs, sur le rendement agricole ainsi que sur la sécurité alimentaire des ménages.

Les données proviennent d'une enquête menée auprès des agriculteurs de la commune de Rugombo en Novembre 2021. La phase de documentation et la phase exploratoire nous ont permis de définir les objectifs, la problématique et les hypothèses et d'identifier l'irrigation agricole et le semis en ligne comme les principales innovations de notre étude. L'impact des innovations agricoles a été étudié d'abord grâce aux différents tests : test de chi-deux, test d'ANOVA, test de bartlett et le test de bonferroni, ensuite grâce au modèle linéaire multiple. Les résultats ont montré que l'irrigation agricole a un effet positif sur la vie socio-économique, sur le revenu agricole et sur le nombre de repas pris par jour dans les ménages et le semis en ligne a un effet positif sur la production de riz, de maïs et de haricot, sur le revenu agricole, sur la consommation alimentaire et la diversité alimentaire dans les ménages. Le modèle linéaire montre que, prises conjointement, sept variables influencent le revenu agricole. Parmi ces variables figurent quatre innovations dont l'irrigation agricole, le semis en ligne, la combinaison de l'engrais minéral et organique et la rotation et assolement des cultures. Tout compte fait, les innovations agricoles améliorent la vie socio-économique, le rendement agricole et la sécurité alimentaire des ménages.

Mots clés : Innovations agricoles, Résilience, Changement climatique, Rugombo, Burundi

ABSTRACT

Agricultural innovations can improve productivity, increase income and ensure food security. In Burundi, a number of agricultural innovations have been implemented. The general objective of this study is to assess the impact of innovations on the resilience of agriculture to climate change in Burundi. Specifically, it aims to analyze the impacts of agricultural innovations on the socio-economic livelihood of farmers, on agricultural yields and on household food security.

The data is based on a survey of farmers in the commune of Rugombo in November 2021. The documentation phase and the exploratory phase allowed us to define the objectives, the problem statement and the hypotheses and to identify agricultural irrigation and in-line seeding as the main innovations of our study. The impact of the agricultural innovations was investigated first by means of different tests: χ^2 test, ANOVA test, Bartlett test and Bonferroni test, and then by means of the multiple linear models. The results showed that agricultural irrigation has a positive effect on socio-economic livelihood, agricultural income and number of meals eaten per day in households, and row planting has a positive effect on rice, maize and bean production, agricultural income, food consumption and dietary diversity in households. The linear model shows that, jointly taken, the six variables influence farm income. Among these variables are four innovations, including agricultural irrigation, row seeding, combination of mineral and organic fertilizer, and crop rotation and crossover. Altogether, agricultural innovations improve socio-economic livelihood, agricultural performance and household food security.

Key words: Agricultural innovations, resilience, climate change, Rugombo, Burundi

TABLE DES MATIÈRES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACE ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIÈRES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ..... **x**
LISTE DES FIGURES ..... **xii**
LISTE DES ABREVIATIONS ..... **xiv**
AVANT PROPOS ..... **xvi**
INTRODUCTION GENERALE **1**
1. Contexte 1
2. Problématique 3
3. Objectif et questions de recherche 4
4. Hypothèse de recherche 5
5. Méthodologie de recherche 5
6. Structure du document 6
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE **7**
I.1. GENERALITES SUR LES INNOVATIONS, LA RESILIENCE EN AGRICULTURE ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE **7**
I.1.1. INNOVATIONS 7
I.1.1.1. Définitions 7
I.1.1.2. Caractéristiques de l'innovation 7
I.1.1.3. Principaux domaines d'innovations : 8
I.1.1.4. Pourquoi les agriculteurs innovent-ils ? 9
I.1.1.5. Finalités de l'innovation face aux défis de l'agriculture : Réponse aux 3 piliers du développement durable 10
I.1.2. RESILIENCE EN AGRICULTURE 10
I.1.2.1. Définition 10
I.1.2.2. Actions à mener dans la résilience climatique 11
I.1.2.3. Résilience et développement durable 12
I.1.2.4. Capacités de résilience 12

I.1.3. CHANGEMENT CLIMATIQUE 13
I.1.3.1. Définition et causes 13
I.1.3.2. Impacts sur l'agriculture et les systèmes de vie des agriculteurs 14
I.1.3.3. Vulnérabilité aux changements climatiques 15
I.1.3.4. Risques climatiques 15
I.1.3.5. Adaptation aux changements climatiques 16
I.1.3.6. Atténuation aux changements climatiques 17
I.1.3.7. Moyens d'existence durables 17
I.1.3.8. Généralités sur le changement climatique et la résilience au Burundi 18
I.2. REVUE EMPIRIQUE 21
CHAPITRE II : APPROCHES METHODOLOGIQUES 24
II. 1. Description du milieu d'étude 24
II.2. Matériel et méthode de collecte des données 25
II.2.1. Phases de déroulement de l'étude 25
II.2.1.1. Phase de documentation 25
II.2.1.2. Phase exploratoire 25
II.2.1.3. Phase d'enquête fine 26
II.2.2. Choix de la méthode 26
II.2.3. Données utilisées 27
II.2.4. Choix des unités d'observation et méthodologie de l'enquête 27
II.2.5. Calcul de la taille de l'échantillon 28
II.2.6. Outils, analyse et traitement des données 30
II.3. Présentation du modèle linéaire ou modèle de régression linéaire 31
II.4. Limites de la recherche 34
CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESUTATS 35
III.1. ANALYSE DESCRIPTIVE 35
III.1.1. Genre du chef du ménage 35
III.1.2. Age du chef de ménage 35
III.1.3. Niveau d'étude des chefs de ménages 36
III.1.4. Taille du ménage, nombre d'enfants dans le ménage, nombre de personnes actives dans le ménage 37
III.1.5. Activité principale du chef de ménage & Activité secondaire de chef de ménage 37
III.1.6. Etat des maisons dans la zone d'étude 39

III.1.7. Moyens de transport dans la zone d'étude 40
III.1.8. Type de machine dans le ménage 41
III.1.9. Saisons culturales 42
III.1.10. Elevage dans la zone d'étude 43
III.1.11. Nombre des ménages ayant des superficies irriguées 44
III.1.12. Changement climatique dans la zone d'étude 44
III.1.13. Système d'information, de sensibilisation et de formation des agriculteurs 45
III.1.14. Pratiques modernes introduites dans l'agriculture 46
III.1.15. Perceptions des agriculteurs sur l'irrigation agricole 48
III.1.16. Systèmes culturaux 49
III.1.17. Analyse du revenu dans la zone d'étude 52
III.2. EFFET DE L'IRRIGATION SUR LA VIE SOCIO-ECONOMIQUE 54
III.2.1. Effet de l'irrigation sur la santé 54
III.2.2. Effet de l'irrigation sur la scolarité 57
III.2.3. Effet de l'irrigation sur la possession de moyen de transport (déplacement) 62
III.2.4. Effet de l'irrigation agricole sur l'état des maisons 63
III.2.5. Effet de l'irrigation agricole sur l'élevage 64
III.2.6. Effet de l'irrigation sur le revenu des ménages 65
III.3. EFFET DE SEMIS EN LIGNE SUR LE RENDEMENT AGRICOLE 68
III.3.1. Effet de semis en ligne sur le rendement de la culture du riz 68
III.3.2. Effet de semis en ligne sur le rendement de Haricot 71
III.3.3. Effet de semis en ligne sur la production de maïs 72
III.3.4. Effet des innovations sur le revenu agricole 73
III.4. EFFET DES INNOVATIONS SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE 77
III.4.1. Nombre de repas par jour 78
III.4.2. Score de consommation alimentaire (SCA) 79
III.4.3. Score de diversité alimentaire des ménages (SDAM) 82
III.5. ESTIMATION ET INTERPRETATION DE RESULTATS DU MODELE LINEAIRE MULTIPLE 85
III.5.1 Résultats du modèle linéaire 86
III.5.2. Résultats de l'estimation du modèle linéaire. 87
III.6. ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE 88
III.6.1. Analyse en composantes principales (ACP) 88

IV.6.2. Analyse des correspondances multiples (ACM)..... 90

CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES..... 92

1. Conclusion générale 92
2. Recommandations 94
3. Perspectives 95

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 96

ANNEXE 101

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. 1: Les 5 caractéristiques de l'innovation 8
Tableau 1. 2 : Les actions à mener pour faire face aux changements climatiques 11
Tableau 1. 3 : Exemples d'impacts climatiques sur l'agriculture, la forêt et les pêches 14

Tableau 2. 1 : Répartition de l'échantillon par colline 30

Tableau 3. 1 : Statistiques descriptives sur l'âge du chef de ménage 35
Tableau 3. 2 : Statistiques descriptives sur la taille du ménage, nombre d'enfants dans le ménage et nombre de personnes actives dans le ménage 37
Tableau 3. 3 : Pratiques modernes introduites en agriculture 47
Tableau 3. 4 : Perceptions des agriculteurs sur l'irrigation 48
Tableau 3. 5 : Répartition des ménages irrigants selon les problèmes rencontrés 48
Tableau 3. 6 : Statistiques de base sur le revenu total (en BIF) en 2020 52
Tableau 3. 7 : Fréquence d'accès aux soins de santé selon l'adoption de l'irrigation 55
Tableau 3. 8 : Degré de contribution de l'irrigation sur l'accès aux soins de santé 55
Tableau 3. 9 : Tableau croisé entre la possession de la carte mutuelle et la pratique d'irrigation 56
Tableau 3. 10 : Contribution de l'irrigation sur la possession de la carte mutuelle 57
Tableau 3. 11 : Statistiques descriptives sur le nombre d'enfants scolarisés 58
Tableau 3. 12 Analyse de la variance 60
Tableau 3. 13 : Tableau croisé entre l'irrigation agricole et l'abandon scolaire 61
Tableau 3. 14 : Contribution de l'irrigation sur diminution de l'abandon scolaire 62
Tableau 3. 15 : Contribution de l'irrigation sur la possession du moyen de transport 62
Tableau 3. 16 : contribution de l'irrigation agricole sur le parterre des maisons 64
Tableau 3. 17 : Fréquence d'animaux que la catégorie du ménage 64
Tableau 3. 18 : Degré de contribution de l'irrigation agricole sur la pratique de l'élevage 65
Tableau 3. 19 : Statistiques descriptives sur le revenu total selon la catégorie des ménages 66
Tableau 3. 20 : Analyse de la variance 66
Tableau 3. 21 : Statistiques descriptives sur le rendement du riz (en t/ha) 68
Tableau 3. 22 : Statistique de base sur le rendement du riz (paddy) (en t/ha) par catégorie selon la technique de semis 69
Tableau 3. 23 : Analyse de la variance 69

Tableau 3. 24 : Statistiques descriptives sur le rendement de haricot selon les types de ménages (en t/ha) 71
Tableau 3. 25: Analyse de la variance 71
Tableau 3. 26 : Statistiques descriptives de rendement de maïs selon les types de ménages (en t/ha) 72
Tableau 3. 27 : Analyse de la variance 72
Tableau 3. 28 : Statistiques descriptives du revenu agricole (en BIF) 73
Tableau 3. 29 : Comparaison de revenu agricole selon les types de ménages (en BIF) 75
Tableau 3. 30 : Analyse de variance 75
Tableau 3. 31 Comparaison de revenu agricole selon les types de ménages (en BIF) 76
Tableau 3. 32 : Analyse de la variance entre le revenu agricole des ménages selon les modalités de semis 76
Tableau 3. 33 : Fréquence des repas dans les ménages de l'échantillon 78
Tableau 3. 34 : Groupe d'aliments et leur pondération 80
Tableau 3. 35 : Avantages et inconvénients de SCA 82
Tableau 3. 36 : Analyse de la variance 84
Tableau 3. 37 : Composantes principales 88

LISTE DES FIGURES

Figure 0. 1 Cadre de recherche 6

Figure 2. 1 : Démarche statistique 33

Figure 3. 1 : Répartition des chefs des ménages selon le genre 35
Figure 3. 2 : Répartition des chefs de ménage selon leurs niveaux d'étude 36
Figure 3. 3 : Répartition des chefs de ménage selon leurs activités principales 38
Figure 3. 4 : Répartition des chefs de ménage selon leurs activités secondaires 38
Figure 3. 5 : Répartition des ménages selon la toiture de leurs maisons 39
Figure 3. 6 : Répartition des ménages selon la toiture de leurs maisons 39
Figure 3. 7 : Répartition des ménages selon le parterre de leurs maisons 40
Figure 3. 8 : Répartition des ménages selon le moyen de transport possédé 41
Figure 3. 9 : Répartition des ménages selon le type de machine 41
Figure 3. 10 : Répartition des ménages selon le nombre de saisons exploité 42
Figure 3. 11 Répartition des ménages selon la possession d'animaux 43
Figure 3. 12 : Types d'animaux 43
Figure 3. 13 : Répartition des ménages selon la possession d'une superficie irriguée 44
Figure 3. 14 Perception aux changements climatiques 45
Figure 3. 15 : Systèmes d'information et de formation 46
Figure 3. 16 : Répartition des ménages selon la technique culturale adoptée 50
Figure 3. 17 : Histogramme de distribution du revenu 53
Figure 3. 18 : Répartition des ménages selon l'accès aux soins de santé 54
Figure 3. 19 : Répartition des ménages selon la possession de la carte mutuelle 56
Figure 3. 20 : Nombre d'enfants scolarisés selon la pratique d'irrigation 59
Figure 3. 21 : Répartition des ménages selon que le ménage a déscolarisé au moins un enfant ces cinq (5) dernières années pour des raisons financières 60
Figure 3. 22 : Comparaison des rendements moyens selon le type de semis 70
Figure 3. 23 : Histogramme de distribution du revenu agricole 74
Figure 3. 24: Fréquence des repas selon que les ménages irriguent ou non 79
Figure 3. 25 : Répartition des ménages selon le score de consommation alimentaire 81
Figure 3. 26 : Fréquence de consommation des différents groupes d'aliments 83
Figure 3. 27 : Composantes renfermant les informations nécessaires 88

Figure 3. 28 : Classification des variables du modèle en ACP 89
Figure 3. 29 : Classification des variables en ACM..... 90

LISTE DES ABREVIATIONS

ACM : Analyse des Correspondances Multiples
ACP : Analyse en Composantes Principales
ANOVA : Analyse de la variance
ATE : Average Treatment Effect
ATT : Average Treatment Effect on the Treated
ATU : Average Treatment Effect on the Untreated
BIF : Franc Burundais
CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CM : Carré Moyen
CO_2 : Dioxyde de carbone
DL : Degré de Liberté
EMT : Effet Marginal de Traitement
ESR : Endogenous Switching Regression
ETT : Effet de Traitement sur les Traités
FABI : Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie
FANTA : Food and Nutrition Technical Assistance
FAO : Food and Agriculture Organization
FIDA : Fonds International de Développement Agricole
GES : Gaz à Effet de Serre
GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
GLMM : Modèle Mixte Linéaire Généralisé
HGLM : Hierarchical Generalized Linear Model
HLM : Hierarchical Linear Model
IC : Intervalle de confiance
LARF : Local Average Response Function
OCDE : Organisation pour la Coopération et le Développement Économique
ONGs : Organisations Non Gouvernementales
OP : Organisation de Producteurs
OR : Odds Ratio
PAM : Programme Alimentaire Mondiale
PANA : Plan d'Actions National en matière d'Adaptation au changement climatique

PND	: Plan National de Développement
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
Pr	: Plus-value
PSM	: Propensity Score Matching
SAN	: Stratégie Agricole Nationale
SDA	: Score de Diversité Alimentaire
SDAM	: Score de Diversité Alimentaire des Ménages
SC	: Somme des Carrés
SCA	: Score de Consommation Alimentaire
VIH/SIDA	: Virus de l'Immunodéficience Humaine / Syndrome d'Immuno-Déficience Acquise
SPSS	: Statistical Package of the Social Sciences
STATA	: Software for Statistics and Data Science
TCNCC	: Troisième Communication Nationale sur les Changements Climatiques
t/ha	: tonnes par hectare
UNICEF	: United Nations International Children's Emergency Fund
%	: Pourcentage

AVANT PROPOS

Ce mémoire intitulé : « **Effets des innovations en matière de résilience de l'agriculture face aux changements climatiques**» rentre dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de Master en développement rural et agrobusiness. Le changement climatique constitue un problème planétaire qui demande une réponse internationale. Il affecte l'agriculture et les autres secteurs de la vie et constitue une menace immédiate et sans précédents pour la sécurité alimentaire de centaines de millions de personnes qui dépendent de l'agriculture à petite échelle comme moyen de subsistance. En revanche, les stratégies, les initiatives et les mesures individuelles ou collectives (entreprises, associations, collectivités, etc.) visant, par des mesures adaptées, à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains contre les effets réels ou attendus ont été adoptées. Au Burundi, pas mal d'innovations ont été adoptées. Parmi lesquelles figurent l'irrigation et le semis en ligne.

C'est ainsi que notre objectif global est d'étudier l'effet des innovations en matière de résilience de l'agriculture face aux changements climatiques. Spécifiquement, il s'agit d'analyser l'impact des innovations agricoles sur la vie socio-économique des agriculteurs, sur le rendement agricole ainsi que sur la sécurité alimentaire des ménages.

Au cours de ce travail, des difficultés n'ont pas manqué. Premièrement, les moyens ont été un facteur limitant de la taille de l'échantillon en raison que nous n'avons bénéficié aucun soutien financier. Certaines institutions et organisations refusent de mettre à la disposition du public certaines informations et d'accueillir les étudiants à la recherche des données. Lors de la phase de terrain, la contrainte est liée à la nature des données à collecter. En effet, la plupart de ces données sont quantitatives et font appel à la mémoire des producteurs. Aussi, les estimations de perte de récoltes au cours des cinq dernières campagnes agricoles pourraient être quelque peu biaisées car les producteurs trouvaient dans la réalisation de l'enquête, un travail pouvant les aider à jouir d'une probable aide alimentaire. De plus, le désintéressement de plus en plus remarqué des paysans aux enquêtes a été un grand blocage au début.

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte

Le changement climatique se traduit par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de production. Il s'agit : (i) de décalages dans les calendriers climatiques (retard dans l'arrivée des pluies notamment) ; (ii) de changement de pluviométrie ; (iii) de la fréquence accrue des phénomènes paroxystiques et des évènements anormaux (cyclones, gelées, températures anormalement élevées, inondations, des sécheresses, tempêtes, etc.) (Beucher & Bazin 2012). L'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les agricultures familiales subissent aussi d'autres mutations de leur environnement : dégradation de la fertilité, déforestation, érosion de la biodiversité, les risques d'invasion par les insectes ravageurs, l'apparition des mauvaises herbes (GIEC 2019).

Sur l'agriculture, cet impact est multiple. Il pèse sur les personnes, sur le capital des exploitations et sur les résultats de ces dernières (systèmes d'élevage et de culture moins productifs), mais également sur les dynamiques collectives, le tout contribuant à accroître la vulnérabilité des plus pauvres. La baisse des rendements (végétaux et animaux), l'impossibilité de faire jouer les mécanismes traditionnels de gestion du risque et la très grande incertitude fragilisent les systèmes et induisent des stratégies de court terme qui sont souvent dommageables à l'environnement voire à la durabilité économique des exploitations (Dugué 2012).

En outre, l'agriculture est tributaire du climat. De ce fait, elle subit de plein fouet les contrecoups de la variabilité climatique, notamment celle des précipitations et de la température. Dans ce contexte inconfortable pour l'agriculture, les paysans doivent s'adapter. Par-là, les innovations naissent. Celles-ci peuvent être regroupées autour de trois domaines principaux : les innovations physiques, les innovations économiques et les innovations sociales (Grist & Harvey 2017).

Les paysans commencent en général par modifier leurs pratiques techniques. Ils changent de variétés (recherche de précocité comme facteur d'adaptation à la baisse de pluviométrie), voire d'espèces cultivées pour privilégier des cultures plus rustiques. Les pratiques culturales évoluent également aussi bien sur le plan des dates de réalisation que des techniques employées (abandon du travail du sol dans certains cas par exemple). L'utilisation des moyens de production (travail, intrants) est raisonnée pour tenir compte des risques : cela se traduit dans

certains cas par l'extensification, ailleurs par la concentration des moyens sur des espaces « plus sûrs » (du point de vue de l'eau disponible notamment).

Selon la conférence régionale de la FAO (2018), l'innovation agricole est le processus en vertu duquel des individus ou des organisations font usage pour la première fois dans un contexte spécifique de modes de pensée, d'approches, de produits, de procédés ou de modes d'organisation nouveaux ou existants en vue d'améliorer l'efficacité, la compétitivité, la résilience face aux chocs ou la durabilité environnementale et de contribuer ainsi à la sécurité alimentaire et à l'amélioration de la nutrition, au développement économique ou à la gestion durable des ressources naturelles.

Pour qu'une innovation contribue à la réalisation des objectifs de développement durable, il faut qu'elle améliore la productivité, l'équité et la durabilité, l'efficience de l'utilisation des ressources (en particulier la terre et l'eau et les sources d'énergie verte), l'adaptation des systèmes alimentaires au changement climatique (FAO 2020).

Nonobstant les innovations sont conçues pour simplifier la vie, préserver l'environnement et améliorer la productivité. Elles doivent prendre en considération la complexité du vivant, les interactions entre les systèmes naturels et l'acte de produire. Elles doivent ainsi garantir la transition vers des modes de production résilients et durables et la résilience de l'agriculture en assurant la viabilité économique des exploitations et la juste rémunération des travailleurs agricoles (Hervé & Vial 2019).

La résilience climatique en agriculture est souvent comprise comme la capacité à s'adapter, absorber et anticiper les chocs et les contraintes liés au climat (Bahadur & Doczi 2016).

A côté du changement climatique, il existe d'autres facteurs, quoique non exhaustifs, qui influencent l'adoption des innovations ou l'adoption des nouvelles technologies en agriculture : notamment l'appartenance à une organisation (Abebaw & Haile 2013), le niveau d'instruction du chef de ménage (Khonje *et al.* 2015), l'accès de l'agriculteur à l'information (Karim *et al.* 2014), la taille de l'exploitation, la taille du ménage, l'âge etc.

Selon la troisième communication nationale sur les changements climatiques (MINEAGRIE 2019), le changement climatique est une réalité au Burundi. Ses impacts sur les personnes, les biens et l'environnement ont très sensiblement augmenté depuis plus d'une décennie. Ces changements climatiques sont marqués par la sécheresse, les pluies diluviennes, la réduction significative de principales aires humides, le tarissement de plusieurs rivières et lacs, les températures extrêmes, les tempêtes tropicales violentes et la grêle. Les conséquences sur la

survie des communautés s'aggravent de jour le jour d'où les mesures d'adaptation sont incontournables et devront constituer une priorité nationale.

Cependant ces changements impactent tous les secteurs du pays mais l'agriculture est un des secteurs les plus vulnérables aux impacts des changements climatiques car elle dépend des précipitations. Ces impacts sont les pertes de récoltes, du cheptel bovin, caprin, ovin et volaille. De plus, les rendements de production de viande, du lait seront affectés et plus réduits de même que la production de poissons en cas de sécheresse.

Dans les conditions de changement climatique, tout le monde (surtout les paysans) tente de s'adapter. Les gens commencent en général par modifier leurs pratiques techniques. Les agriculteurs changent de variétés (recherche de précocité comme facteur d'adaptation à la baisse de pluviométrie). Les pratiques culturales évoluent également aussi bien sur le plan des dates de réalisation que des techniques employées et dans certains endroits, on assiste à l'abandon du travail du sol. L'utilisation des moyens de production (travail, intrants) est raisonnée pour tenir compte des risques : Cela se traduit dans certains cas par l'extensification et la concentration des moyens sur des espaces « plus sûrs » (tenant compte de la disponibilité des eaux). Chez les éleveurs, on constate, d'une part, le changement de structure des troupeaux, notamment la répartition entre espèces (caprins, ovins, bovins), et, d'autre part, la modification des calendriers fourragers basés notamment sur la mobilité des troupeaux : changement des zones de pâturage et/ou des dates de déplacement. Dans d'autres cas, la recherche de solutions se situe bien souvent hors de l'agriculture, avec la recherche d'autres emplois non agricoles ce qui est à l'origine des migrations internes et externes observées actuellement.

2. Problématique

L'Afrique est un continent particulièrement vulnérable face aux changements climatiques. Cela résulte des modifications du climat qui risquent d'y être plus fortes qu'ailleurs. De même, sa population est déjà dans une situation particulièrement précaire, socialement et économiquement (Beucher & Bazin 2012). Ces changements climatiques constituent une menace croissante sur les secteurs de l'agriculture. Les effets négatifs sur la production agricole et sur les moyens de subsistance des agriculteurs, des forestiers et des pêcheurs se font déjà ressentir dans de nombreuses régions (FAO 2016).

Au Burundi, ce secteur est le moteur de l'économie nationale (Niragira 2011) et familiale et demeure le moteur de croissance des autres secteurs de la vie nationale. Il reste cependant dominé par une agriculture de subsistance affaiblie par des perturbations climatiques devenues

fréquentes depuis les années 2000. Les rendements et les productions végétales, animales et halieutiques affichent toujours une tendance baissière et ne parviennent plus à couvrir les besoins nutritionnels et financiers d'une population en perpétuelle croissance (SAN 2017[1]).

Pour s'adapter, les opérateurs de développement (FIDA, FAO, etc) soutiennent les producteurs dans leurs efforts d'adaptation en cherchant à renforcer l'efficacité des actions engagées spontanément, et en explorant des voies complémentaires. Dans ce cadre, beaucoup d'innovations ont été adoptées telles que les modifications des pratiques techniques, le changement des variétés et les modifications des pratiques culturales. L'objectif commun c'est le renforcement ou l'amélioration de la résilience d'un système (social, écologique, etc.) face à un choc donné. Les politiques publiques des pays en voie de développement donnent une place importante à l'augmentation de la productivité agricole pour des objectifs de sécurité alimentaire et nutritionnelle, mais aussi pour l'amélioration du bien-être des producteurs. Dans ce cadre, l'irrigation agricole est vue comme un moyen d'atteindre ces objectifs. Cette pratique est vivement encouragée et des financements sont alloués à son exécution.

En effet, il s'avère nécessaire de mesurer l'impact de cette adoption pour voir si effectivement les hypothèses émises sont vérifiées. Par ailleurs, le but de cette étude est de vérifier que les innovations adoptées pour faire face au changement climatique impactent sur la vie socio-économique en général et sur le rendement agricole en particulier.

3. Objectif et questions de recherche

L'agriculture occupe une place importante dans l'économie burundaise et est largement influencée par les conditions climatiques. Ce secteur est menacé par les changements climatiques. La résilience climatique en agriculture est souvent comprise comme la capacité à s'adapter, absorber et anticiper les chocs et les contraintes liés au climat (Bahadur & Doczi 2016).

Le processus d'innovation implique la reconnaissance d'un problème, la création d'une solution, de plans, des directives réalisables et concrètes, ainsi que la mise en œuvre et la propagation de l'innovation. Une innovation comprend un apprentissage et un impact itératif ; elle est de nature portée par les utilisateurs et conduit à un changement ou une amélioration progressive par rapport à la pratique courante (Grist & Harvey 2017). En fin de compte, une

[1] Stratégie nationale agricole 2008-2015

innovation qui a du succès est une innovation largement adoptée, avec des améliorations importantes constatées pour les bénéficiaires et ceux impliqués (Warner 2017).

Certes, dans notre pays, les changements climatiques ont perturbé l'agriculture. Pour s'adapter, beaucoup d'innovations en matière de résilience ont été adoptées. L'objectif global de la présente étude est de déterminer l'effet de ces innovations c'est-à-dire déterminer si elles conduisent à un changement ou une amélioration progressive (du rendement agricole, de bien-être) par rapport aux pratiques courantes. Spécifiquement, il s'agit de : (i) étudier si les innovations agricoles répondent aux attentes des agriculteurs c'est-à-dire voir si elles améliorent la vie socio-économique des agriculteurs ; (ii) déterminer s'il y a des différences significatives entre les rendements issus de l'innovation agricole et les rendements sans innovation et enfin (iii) étudier si les innovations agricoles améliorent la sécurité alimentaire des ménages.

Vu les objectifs formulés, les questions de recherche proposées sont les suivantes :

-Les innovations conduisent-elles à un changement ou une amélioration progressive par rapport à la pratique courante ?

-Les innovations agricoles améliorent-elles la vie socio-économique et la sécurité alimentaire des agriculteurs ?

-Dans quelle mesure les innovations agricoles influencent des rendements agricoles ?

- Y a-t- il des différences significatives dans le rendement agricole issu de l'innovation et le rendement agricole sans innovation ?

4. Hypothèse de recherche

Les hypothèses de recherche sont les suivantes :

1) Les innovations agricoles améliorent la vie socio-économique (le bien-être) des agriculteurs ;

2) Il y a des différences significatives entre le rendement agricole avec innovation et le rendement agricole sans innovation ;

3) Les innovations agricoles améliorent la sécurité alimentaire.

5. Méthodologie de recherche

La lecture des autres travaux réalisés tels que les mémoires et les articles ainsi que les ouvrages en rapport avec le sujet a permis la compréhension de notre travail. Pour bien mener cette étude, les données secondaires ont été collectées. Les données primaires ont été obtenues sur base d'un questionnaire d'enquête. Pour ce, des visites et des entrevues ont été organisés pour recueillir

les données. La population cible était les agriculteurs bénéficiaires d'au moins une innovation. La figure 0.1 présente les principales étapes poursuivies au cours de notre recherche.

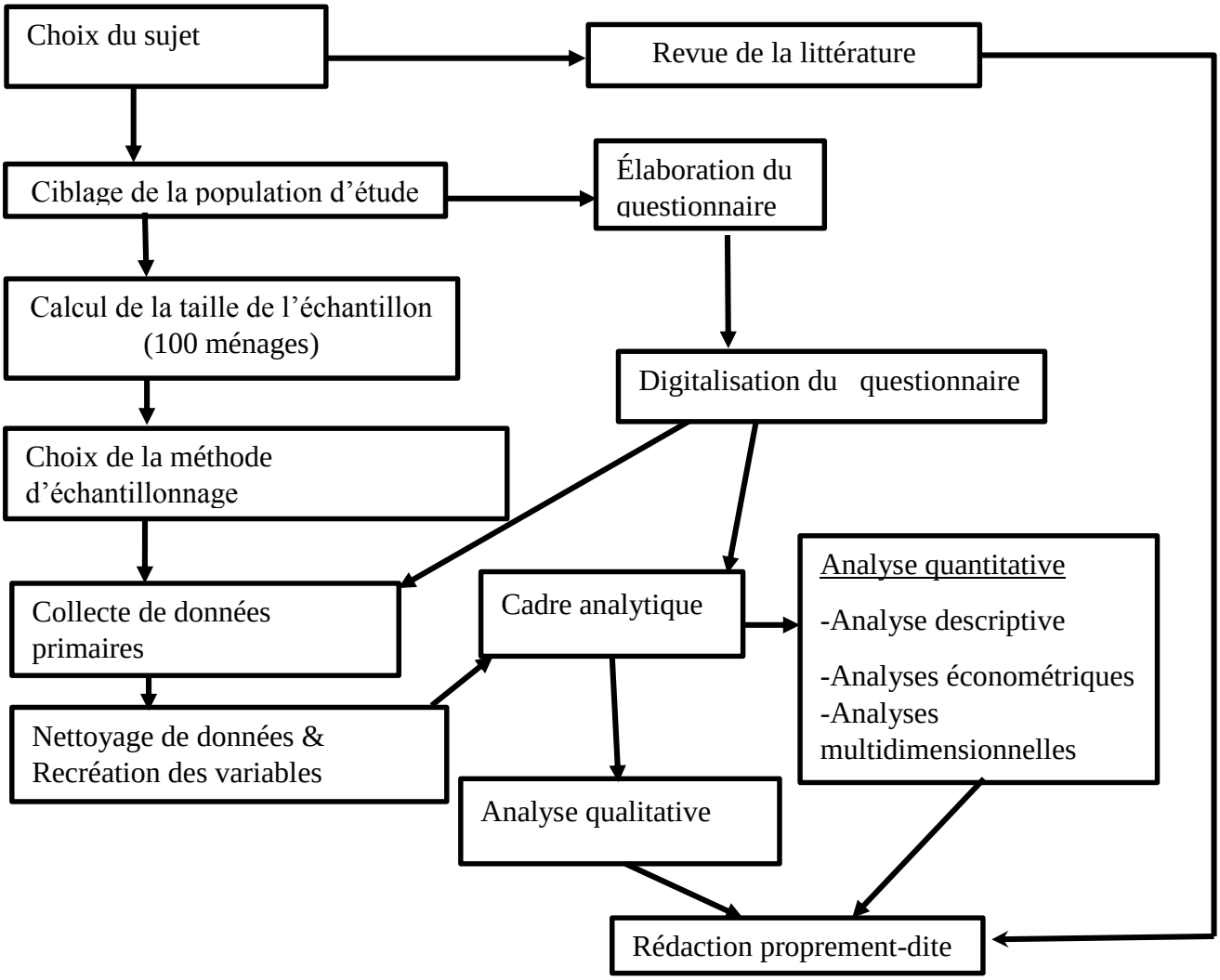


Figure 0. 1 Cadre de recherche

6. Structure du document

A côté de l'introduction générale, des conclusions, recommandations et perspectives, le travail s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre traite de la revue bibliographique. Il présente les généralités sur l'innovation agricole, la résilience en agriculture, le changement climatique et les résultats de certains auteurs. Le second chapitre développe l'approche méthodologique adoptée pour arriver aux résultats présentés au troisième et dernier chapitre est consacré à la présentation et discussion des résultats.

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE

I.1. GENERALITES SUR LES INNOVATIONS, LA RESILIENCE EN AGRICULTURE ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

I.1.1. INNOVATIONS

I.1.1.1. Définitions

Selon Larousse, innover c'est « Introduire quelque chose de nouveau pour remplacer quelque chose d'ancien dans un domaine quelconque ». L'OCDE quant à elle considère que l'innovation « est la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un processus nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures ».

L'innovation agricole est le processus en vertu duquel des individus ou des organisations font usage pour la première fois dans un contexte spécifique de modes de pensée, d'approches, de produits, de procédés ou de modes d'organisation nouveaux ou existants en vue d'améliorer l'efficacité, la compétitivité, la résilience face aux chocs ou la durabilité environnementale et de contribuer ainsi à la sécurité alimentaire et à l'amélioration de la nutrition, au développement économique ou à la gestion durable des ressources naturelles (FAO 2008).

I.1.1.2. Caractéristiques de l'innovation

Rogers (2003), Cozzens & Sutz (2012) et Bernard & Degrande (2016) ont mis en évidence cinq caractéristiques de l'innovation dont la nouveauté, l'adaptation de nouveauté, l'interaction, le contenu du savoir et Apprentissage, élargissement et diffusion (tableau 1.1).

Tableau 1. 1: Les 5 caractéristiques de l'innovation

Nouveauté	Une innovation est une idée, une pratique ou un objet perçu comme nouveau par une personne ou par une autre unité d'adoption.
Adaptation de nouveauté	Imiter ou adapter à partir d'autres efforts à la résolution de problèmes, tout en les combinant.
Interaction	L'innovation doit interagir avec les personnes l'utilisant – c'est un aspect très important. Le degré auquel une innovation favorise l'action collective, potentiellement bâtissant des liens et des réseaux qui vont rendre la communauté plus forte.
Contenu du savoir	Une innovation peut amener un nouveau savoir et une nouvelle compréhension, liés à la question pourquoi il est important de changer les processus existants ainsi qu'à la question comment faire mieux les choses (en faisant, en utilisant, en interagissant).
Apprentissage, élargissement et diffusion	L'apprentissage peut être restreint au niveau individuel des innovateurs ou bien étendu et propagé. Ce processus est variable, l'assimilation de l'innovation pouvant être conçue ou passer par des réseaux sociaux et une assimilation « naturelle » ; on peut évaluer son pouvoir intégrant et son efficacité d'un point de vue social.

Source : adapté de Rogers (2003), Cozzens & Sutz (2012) et Bernard & Degrande (2016)

I.1.1.3. Principaux domaines d'innovations :

Selon Juma *et al.* (2013), les innovations peuvent être regroupées autour de trois domaines principaux (qui se recouvrent souvent) :

• Les innovations physiques : nouvelles technologies pour adapter et améliorer la production dans un environnement changeant, telles que le système Zaï pour les fosses, l'irrigation à petite échelle et les infrastructures physiques pour la protection des cultures après récolte.

• Les innovations économiques : nouvelles méthodes d'accès au financement et au crédit pour les fermiers, par exemple groupes de crédit, banque électronique rurale et dispositifs de protection sociale ;

• Les innovations sociales : changements organisationnels tels que les coopératives et une plus grande implication dans la prise de décision locale et nationale, entraînant l'amélioration des moyens d'existence des communautés agricoles.

I.1.1.4. Pourquoi les agriculteurs innovent-ils ?

Bragdon & Smith (2015) disent que les agriculteurs sont poussés à innover pour plusieurs raisons, notamment :

1. Risques :
   • Environnement imprévisible et intensification des pressions environnementales comme la sécheresse et la dégradation des éléments nutritifs des sols ;
   • Volatilité des marchés ;
   • Subventions des importations agricoles qui provoquent la chute des prix locaux ;
   • Insécurité alimentaire, malnutrition et préoccupations concernant la sécurité sanitaire des aliments.
2. Opportunités :
   • Nouvelles opportunités de revenus comme l'établissement de nouveaux marchés pour les cultures de haute valeur ou possibilité de progresser dans les chaînes de valeur agroalimentaires, grâce à la transformation et à la commercialisation ;
   • Disponibilité d'infrastructures comme des installations de stockage ;
   • Disponibilité de ressources pour expérimenter et pour accéder à des crédits abordables.
3. Facteurs socio-culturels :
   • Désir de reconnaissance sociale et de statut au sein des communautés ;
   • Désir de préserver les cultures alimentaires et les traditions culinaires locales ;
   • Curiosité, propension à expérimenter et autres attributs personnels comme l'âge, le genre ou le niveau d'éducation.

I.1.1.5. Finalités de l'innovation face aux défis de l'agriculture : Réponse aux 3 piliers du développement durable

Marc Giget, docteur en économie du développement, lors de son étude « OpinionWay 2016 » (Giget 2016 *in* Hervé & Vial 2019), a montré que, globalement, la société réclame des innovations « qui améliorent vraiment la vie » puisque les 3 principales attentes sont :

- simplifier la vie (49%) ;
- préserver l'environnement (42%) ;
- être accessible au plus grand nombre (41%).

Cette dernière attente rejoint la citation d'Aristote : « Le progrès ne vaut que s'il est partagé par tous ».

Warner (2017) quant à lui stipule que, en fin de compte, une innovation qui a du succès est une innovation largement adoptée, avec des améliorations importantes constatées pour les bénéficiaires et ceux impliqués.

I.1.2. RESILIENCE EN AGRICULTURE

I.1.2.1. Définition

Plusieurs auteurs Bernard 2011 ; Garmezy & Masten 1986 ; Holling 1973 ; Gallopín 2006 et Carpenter *et al.* 2001 ont défini la résilience mais, la définition générale reste la suivante : « la résilience est la capacité à absorber une perturbation, à se réorganiser et à continuer de fonctionner de la même manière qu'avant ». Cependant, Il existe plusieurs définitions de la résilience. La Commission Européenne la définit de la manière suivante : « La capacité d'une personne physique, d'un ménage, d'une communauté, d'un pays ou d'une région à résister, à s'adapter et à récupérer rapidement à la suite de crises et de chocs[2]». C'est cette définition de la commission européenne qui est adaptée à notre contexte.

Ainsi, la résilience climatique est souvent comprise comme la capacité à s'adapter, absorber et anticiper les chocs et les contraintes liés au climat (Bahadur & Doczi 2016).

[2] *Communication from the Commission to the European Parliament and the council – The EU Approach to resilience: learning from food security crises, 2012.*

I.1.2.2. Actions à mener dans la résilience climatique

Pour faire face aux effets induits par ces changements inévitables, l'homme est naturellement obligé de créer ou inventer des alternatives pour y faire face. Le tableau 1.2 montre les actions spécifiques à chaque type de changement climatique.

Tableau 1. 2 : Les actions à mener pour faire face aux changements climatiques

Situation/ Phénomène/ Événement	**Action à mener ou à éviter**
Erosion pluviale	Diminuer l'impact des gouttes de pluie par le non-déchaumage pendant l'interculture, le non-labour par cultures intermédiaires. Augmenter la capacité d'infiltration et de stockage à la surface du sol par le travail du sol. Consolider le sol par l'apport de matières organiques, l'amendement calcique et éviter l'affinement excessif. Ralentir le transit des eaux de ruissellement par des bassins de rétention. Suivre le développement des surfaces imperméabilisées (toitures, routes, parking, trottoirs...) pour contrôler la vitesse de ruissellement, etc.
Inondations	construction de digues le long des berges afin d'éviter tout débordement des rivières ; des solutions destinées à prévenir l'érosion des berges; la mise en place de systèmes de contrôle des crues, de drainage et d'irrigation une gestion des crues, et non plus un contrôle rester ou fuir en se réfugiant dans des abris le problème de la réinstallation devient majeur lorsque les populations perdent leurs logements et leurs terres cultivables suite à l'érosion des berges
Vents violents	Toujours se mettre à l'abri dans un bâtiment solide ; Fermer les portes, les fenêtres et les volets ; Tenter de protéger les victimes sans se mettre soi-même en danger ; Ne jamais toucher les câbles ou fils électriques rompus ou à terre ; Couper les branches d'arbres qui risquent de tomber sur les voies
Maladies et ravageurs de cultures	pratiquer la lutte mécanique, pratiquer l'association culturale ; pratiquer la lutte chimique et pratiquer la lutte biologique.
Sécheresse prolongée	stocker l'eau de pluie dans des réservoirs ; arroser à bon escient notamment à la tombée du jour, arroser régulièrement (goutte à goutte) ; pailler le sol ; biner régulièrement ; laisser la couverture du sol même par les mauvaises herbes et créer l'ombrage là où c'est possible
Grêle	Pratiquer l'association culturale et cultiver des variétés résistantes à la grêle.

Source : ADISCO 2020

I.1.2.3. Résilience et développement durable

Pour Perrings, la résilience et le développement durable deviennent deux concepts liés voir interdépendants (Perrings 2006 *in* Yaro 2019). La résilience serait synonyme de durabilité si elle est caractérisée par la viabilité (la persistance) sur le temps long des Systèmes socio-écologiques. Les deux concepts sont cependant différents pour principalement les deux raisons suivantes : Premièrement, la durabilité est un concept « anthropocentré », l'objectif étant d'assurer la pérennité des générations futures par une gestion durable des écosystèmes. Or, dans le cadre des systèmes socio-écologiques, la résilience est davantage centrée sur les interrelations entre ces systèmes et non spécifiquement sur l'homme. Le concept de résilience apparaît donc plus universel.

Deuxièmement, la durabilité est une stratégie visant un développement croissant, continu, linéaire et stable, tandis qu'au contraire les fluctuations font partie intégrante des processus de résilience qui privilégie la flexibilité. Ainsi, la durabilité serait un concept normatif qui nécessiterait de définir des normes, tandis que les processus d'amélioration de la résilience conduiraient à être moins normatifs et plus flexibles. In fine, cette mise en rapport contribue à normaliser la résilience en lui fixant des normes à respecter.

I.1.2.4. Capacités de résilience

Selon le Cadre d'Oxfam pour un Développement Résilient (Jeans *et al.* 2017), l'avenir est un choix ; il existe trois sortes de capacités de résilience à savoir :

- La capacité d'absorption :

La capacité d'absorption est la capacité de prendre intentionnellement des mesures protectrices pour faire face aux chocs et aux stress connus. Elle est nécessaire parce que les chocs et les stress vont continuer à se produire, dus par exemple aux phénomènes météorologiques extrêmes résultant du changement climatique, à des conflits prolongés et à des catastrophes naturelles. En clair, il s'agit de la capacité de pouvoir « rebondir » après un choc. Elle consiste à anticiper, planifier, faire face et se relever de chocs spécifiques connus et de stress à court terme. La capacité d'absorption permet d'assurer la stabilité. En effet, elle vise à prévenir ou à limiter l'impact négatif des chocs sur les individus, les ménages, les communautés, les entreprises et les autorités.

- La capacité d'adaptation :

La capacité d'adaptation est la capacité de faire des ajustements intentionnels et progressifs en prévision ou en réponse à un changement, de façon à créer une plus grande flexibilité dans

l'avenir. Elle est nécessaire parce que le changement est continu et incertain, et parce qu'une transformation délibérée prend du temps et nécessite un engagement soutenu.

L'adaptation consiste à effectuer les changements appropriés afin de mieux gérer ou de s'adapter à une situation qui évolue.

- La capacité de transformation :

Pour Oxfam, la capacité de transformation est la capacité de réaliser de manière intentionnelle un changement visant à éliminer ou réduire les facteurs de risque, de vulnérabilité et d'inégalité, et d'assurer le partage plus équitable des risques de façon à ne pas les faire porter et subir par les personnes pauvres ou victimes de discrimination ou de marginalisation.

La transformation concerne les changements fondamentaux opérés dans les structures profondes qui engendrent ou accroissent la vulnérabilité et les risques ainsi que la manière dont le risque est partagé dans les sociétés et la communauté internationale.

I.1.3. CHANGEMENT CLIMATIQUE

I.1.3.1. Définition et causes

On entend par « changements climatiques » des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables (FENNI & MACHANE 2010).

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistante pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres (GIEC 2007). La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère en déboisant les forêts pour obtenir du bois, du combustible et des terres agricoles; en brûlant les combustibles fossiles (le charbon, le gaz et le pétrole); et à travers les procédés industriels (de grandes quantités de dioxyde de carbone (CO2) et d'autres gaz importants ont été libérés dans l'atmosphère), et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. Les variations des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et d'aérosols, du couvert terrestre et du rayonnement solaire influent sur le bilan énergétique du système climatique et contribuent aux changements climatiques. Elles se

répercutent sur l'absorption, l'émission et la diffusion du rayonnement dans l'atmosphère et à la surface de la Terre. Il s'ensuit des variations positives ou négatives du bilan énergétique appelées forçage radiatif.

I.1.3.2. Impacts sur l'agriculture et les systèmes de vie des agriculteurs

L'impact des changements climatiques sur la production agricole devrait susciter des inquiétudes en raison du rôle primordial du secteur de l'agriculture dans le développement socio-économique du Burundi où l'agriculture contribue à elle seule à hauteur de 39,6 % au PIB, offre 84% d'emplois, fournit 95% de l'offre alimentaire (République du Burundi 2018). Selon la FAO (2008), les principales modifications climatiques auxquelles il faut s'attendre pourraient impacter les secteurs de l'agriculture, la forêt et les pêches.

Tableau 1. 3 : Exemples d'impacts climatiques sur l'agriculture, la forêt et les pêches

Phénomène et tendance des événements climatiques	Impacts possibles sur l'agriculture, la forêt, les pêches et les écosystèmes
Nombre de jours et de nuits froids moins nombreux et moins froids ; jours et nuits chauds plus nombreux et plus chauds sur la plupart des régions (affirmation qualifiée de « presque certaine » par le GIEC)	Augmentation des rendements dans les zones les plus froides ; Baisse des rendements dans les zones les plus chaudes ; pression des insectes ravageurs accrue
Périodes chaudes et vagues de chaleur plus fréquentes sur la plupart des régions (« très probablement »)	Rendements réduits dans les régions les plus chaudes à cause de la chaleur excessive ; danger accru de feux de brousse.
Occurrence plus fréquente des événements de fortes précipitations dans la plupart des régions (« très probablement »)	Dégâts sur les cultures ; érosion, sols rendus incultivables à cause de l'humidité excessive
Superficie affectée par la sécheresse en augmentation (« probablement »)	Dégradation des sols et érosion ; diminution des rendements des cultures affectées ; augmentation des pertes de bétail ; augmentation des risques de feux de brousse ; perte de terres arables
Augmentation de l'activité des cyclones tropicaux intenses (« probablement »)	Dégâts sur les cultures ; déracinement d'arbres ; dégâts sur les récifs coralliens
Incidence accrue des très fortes marées hautes, hors tsunamis (« probablement »)	Salinisation des eaux d'irrigation, estuaires et eaux douces ; perte de terres arables et augmentation des migrations.

D'après les travaux du GIEC 2007. Source : FAO 2008.

I.1.3.3. Vulnérabilité aux changements climatiques

Pour GIEC (2007), la vulnérabilité est le degré de capacité d'un système de faire face ou non aux effets adverses du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). Elle désigne ainsi la mesure dans laquelle un système est sensible ou incapable de faire face aux effets néfastes des changements climatiques, qu'il s'agisse de la variabilité climatique ou des extrêmes météorologiques (Nielson *et al.* 2002). La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme de l'évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation (GIEC 2007).

Beucher & Bazin (2012) stipulent que, globalement, l'Afrique est considérée comme particulièrement vulnérable aux changements climatiques pour les raisons suivantes :

(1) Les économies africaines sont fortement dépendantes des ressources naturelles et leurs systèmes de production agricole dépendent fortement des conditions naturelles ;

(2) La structure démographique des pays africains présente un ratio entre les inactifs, plus sensibles au risque climatique, et la population active élevée. Certaines maladies (notamment VIH/SIDA) ont un impact important sur la résilience de la population active ;

(3) La pauvreté sous toutes ses acceptions est un facteur essentiel de la vulnérabilité sociale ;

(4) L'instabilité institutionnelle et les problèmes de gouvernance affaiblissent les capacités économiques et sociales des populations à réagir à des évènements climatiques importants.

(5) La faiblesse des infrastructures publiques africaines rend les pays plus vulnérables, en limitant la circulation des gens, des biens, des services, et des informations ;

(6) Les changements climatiques attendus sur le continent risquent d'être plus importants que dans d'autres régions.

I.1.3.4. Risques climatiques

En agroclimatologie, le risque se caractérise par la fréquence d'apparition d'un événement climatique ou biologique qui peut être préjudiciable au développement (Houndénou 1999). Dans ce cas, le risque peut être la sécheresse climatique, les cyclones, les coups de vents, les excès ou des déficits de température, l'attaque des cultures par des ravageurs. Le risque climatique peut être défini comme la probabilité d'avoir des pluies insuffisantes qui induisent la perte de tout ou une partie de la récolte (Eldin 1989). Ainsi, le risque implique une notion de lourdes conséquences. En agriculture, Boussard (1979) définit le risque comme la variance des revenus des agriculteurs dus aux aléas climatiques.

Dans le cadre de cette recherche, nous considérons comme risque climatique, la fréquence d'apparition de la sécheresse, des coups de vent, des excès d'eau (inondations), le retard ou irrégularité de pluie car ce sont les facteurs principaux qui pourraient affecter dans les conditions actuelles le développement des plantes.

I.1.3.5. Adaptation aux changements climatiques

L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques (GIEC 2001). Cette adaptation se résume à un ensemble de réajustements opérés ou auto-opérés à l'intérieur des systèmes naturels et humains, en réponse curative ou préventive aux stimuli climatiques actuels ou futurs ou à leurs effets en vue d'atténuer leurs nuisances ou d'en tirer opportunément profit (Issa 1995). Elle vise à réduire la vulnérabilité et à renforcer la capacité d'adaptation, ou résilience, de ceux qui tirent leurs moyens d'existence de ressources dépendantes du climat. Pour Ogouwalé (2004), l'adaptation serait une des solutions qui permettraient à la communauté humaine de réduire les impacts des changements climatiques annoncés. On distingue divers types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation publique et privée, et l'adaptation autonome et planifiée (GIEC 2001).

Dans le secteur de l'agriculture, l'adaptation requiert l'utilisation de bonnes pratiques agricoles, forestières et en matière de pêche, pour faire face à des conditions environnementales changeantes et plus rudes. L'adaptation en agriculture s'illustre notamment par la modification du calendrier de plantation ou des semis, l'adoption de nouvelles technologies, et la promotion de la biodiversité agricole (FAO 2008).

Ogouwalé (2006), fait une typologie de la capacité d'adaptation. Deux types de capacité ont été évoqués :

• La capacité d'adaptation des agrosystèmes : elle est assimilée à la résilience des systèmes naturels, c'est-à-dire leur aptitude à supporter les magnitudes de changement des paramètres du système ou de l'élément étudié pour revenir à des états de dynamique stable à moyen terme sans changement majeur de leurs physionomies, qualités et compositions spécifiques ;

• La capacité d'adaptation du système humain : il s'agit de l'aptitude d'une communauté à planifier, à se préparer pour faciliter et mettre en œuvre des mesures d'adaptation en tenant compte de ses atouts économiques, technologiques, institutionnels, etc.

I.1.3.6. Atténuation aux changements climatiques

L'atténuation est définie comme une intervention humaine visant à réduire les sources ou renforcer les puits de gaz à effet de serre (GES) et d'autres substances. Elle peut directement ou indirectement contribuer à limiter les changements climatiques, notamment par le biais de la réduction d'émissions de matières particulaires pouvant directement altérer le bilan radiatif (par exemple carbone noir) ou par le biais de mesures qui contrôlent les émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils et d'autres polluants pouvant altérer la concentration de l'ozone troposphérique, qui a des effets indirects sur le climat (GIEC 2014).

L'atténuation peut être plus financièrement rationnelle si une approche intégrée est adoptée, combinant des mesures visant à réduire l'utilisation d'énergie et l'intensité des émissions de (GES) des secteurs d'utilisation finale de l'énergie, à décarboniser l'approvisionnement énergétique, à réduire les émissions nettes et à renforcer les puits de carbones dans les secteurs exploitant les ressources terrestres(UNESCO & ONU-Eau 2020).

I.1.3.7. Moyens d'existence durables

Les moyens d'existence englobent les capacités, les atouts (y compris les ressources matérielles et sociales) et les activités nécessaires pour vivre. Carney (1998) mentionne que les moyens d'existence sont durables lorsqu'ils permettent de s'adapter aux difficultés, de faire face à l'adversité, et de conserver ou améliorer les capacités et biens tant dans l'immédiat qu'à l'avenir, sans pour autant compromettre la base de ressources naturelles. Les biens qui composent les moyens d'existence se présentent comme suit :

- le capital naturel : il regroupe les ressources naturelles comme la terre, les forêts, l'eau, les pâturages…
- le capital physique : il englobe les biens privés pouvant servir à accroître la productivité de la main-d'œuvre et de la terre (animaux de ferme, outils et machines), les infrastructures économiques publiques (routes, électricité…) et les infrastructures sociales (écoles, centres de santé…).
- le capital financier qui prend en compte les liquidités (revenus et épargne) et les biens de trésorerie aisément convertibles.
- le capital humain : il regroupe la santé, la nutrition, les niveaux d'instruction et savoir-faire.

- le capital social : il tient compte du réseau de relations sur lesquelles les gens peuvent compter pour élargir leurs possibilités de revenus. Celles-ci comprennent les liens de parenté, d'amitié, les relations patron-client, les arrangements de réciprocité, l'appartenance à des groupes formels et à des organisations qui accordent des prêts, des dons et d'autres formes d'assurance (Carney 1998).

I.1.3.8. Généralités sur le changement climatique et la résilience au Burundi

1. Contexte général des changements climatiques au Burundi et les secteurs les plus vulnérables

Les effets néfastes des changements climatiques auxquels le Burundi fait face sont principalement dus aux concentrations des gaz à effets de serre émis dans l'atmosphère. A l'heure actuelle, ces changements climatiques ont déjà induit des conséquences évidentes radicales sur la vie socio-économique des populations dont les secteurs importants pour leur survie sont les plus touchés. Il s'agit de l'agriculture, de l'énergie, des ressources en eau, des écosystèmes forestiers et paysages, de la santé ainsi que du transport et des infrastructures. Les régimes climatiques changeants tels que, l'augmentation des précipitations et de la chaleur, ainsi que des situations catastrophiques rendent le Burundi plus vulnérable et vont affecter les efforts de développement du pays. Ils engendrent des conséquences aussi désastreuses qui se matérialisent par la chute de la production agricole et animale, les pertes en vies humaines, les inondations et sécheresses répétitives, l'augmentation des risques de maladies, la destruction des infrastructures tant publiques que privées sans oublier la dégradation de l'environnement.

2. Vulnérabilité du Burundi face aux changements climatiques

Les impacts dus aux changements climatiques induisent une vulnérabilité extrême qui revêt un caractère multisectoriel sur l'échelle nationale même si les séquences diffèrent spatialement et temporellement d'une région à l'autre. Les périodes de manque d'eau ont induit à des sécheresses prolongées à différentes périodes et dans différents endroits du pays, depuis les années 1917 jusqu'à l'heure actuelle provoquant ainsi de lourdes conséquences sur la vie socio-économique des populations. Les cas d'inondations résultant de l'excès des précipitations ne cessent aussi de s'observer jour après jour. Les impacts issus de ces événements climatiques entraînent de graves conséquences sur la vie des citoyens qui deviennent de plus en plus vulnérables. Les cas les plus évidents de vulnérabilité résultant de ces évènements climatiques sont le déplacement des familles à la suite de périodes de famines répétitives, la persistance de

la malnutrition suite à la perte des productions agricoles et qui, finalement interpellent des cas d'interventions humanitaires.

3. Efforts d'adaptation du pays face aux changements climatiques

Selon la troisième communication nationale sur les changements climatiques (TCNCC) (MINEAGRIE 2019), le changement climatique est une réalité au Burundi. Les conséquences sur la survie des communautés s'aggravent du jour au jour d'où les mesures d'adaptation sont incontournables et devront constituer une priorité nationale. Dans les conditions de changement climatique, tout le monde (et surtout les paysans) tente de s'adapter. Les gens commencent en général par modifier leurs pratiques techniques. Les agriculteurs changent de variétés (recherche de précocité comme facteur d'adaptation à la baisse de pluviométrie). Les pratiques culturales évoluent également aussi bien sur le plan des dates de réalisation que des techniques employées et dans certains endroits on assiste à l'abandon du travail du sol. L'utilisation des moyens de production (travail, intrants) est raisonnée pour tenir compte des risques : cela se traduit dans certains cas par l'extensification, ailleurs par la concentration des moyens sur des espaces plus sûrs (tenant compte de la disponibilité des eaux). Chez les éleveurs, l'on constate, d'une part, le changement de structure des troupeaux, notamment la répartition entre espèces (caprins, ovins, bovins), et, d'autre part, la modification des calendriers fourragers basés notamment sur la mobilité des troupeaux : changement des zones de pâturage et/ou des dates de déplacement. Dans d'autres cas, la recherche de solutions se situe bien souvent hors de l'agriculture, avec la recherche d'autres emplois non agricoles ce qui est à l'origine des migrations internes et externes observées aujourd'hui.

Sur le plan décisionnel et institutionnel, les efforts d'adaptation sont aussi mobilisés malgré leur inefficacité et se manifestent dans la mise en place des textes légaux, stratégies et plans qui proposent des solutions d'adaptation, afin de mitiger les risques induits par ces changements climatiques. C'est ainsi qu'on a mis en place des outils suivants :

- Le Plan d'Actions National en matière d'Adaptation au changement climatique (PANA 2005),
- La Stratégie Nationale et le Plan d'actions sur le Changement Climatique (allant de 2012 à 2025) avec comme objectif global de guider le Gouvernement et d'autres partenaires à adopter et mettre en œuvre des mesures permettant de lutter contre les effets néfastes des changements climatiques,
- Les Communications Nationales sur les Changements Climatiques qui ont donné une occasion de renforcer les capacités nationales en matière d'inventaire de gaz à effet de

serre, d'analyse d'atténuation, de la vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques,

- La Stratégie Nationale de Communication en matière d'adaptation au changement climatique (2014-2018) ayant pour objectif de contribuer à l'adaptation durable de la société burundaise aux effets du changement climatique et la réduction des dégâts et des pertes provoqués par des événements climatiques extrêmes, à travers une communication améliorée et systématique.

Traditionnellement, les populations burundaises, qui sont essentiellement des agri-éleveurs ont toujours essayé de s'adapter aux perturbations climatiques à travers certaines pratiques comme :

-l'échelonnement des semis pour prévenir toute perte due aux aléas climatiques ;

-la culture des tubercules (manioc, patates douces...) plus résistantes aux extrêmes climatiques;

-la conservation des récoltes dans des greniers pour garantir la sécurité alimentaire au niveau de chaque famille ;

-la conservation des ressources génétiques sous forme d'épis ou des graines sèches ;

-la pratique de la transhumance dans le domaine de l'élevage ; etc.

4. Résilience et changement climatique : contraintes

Les contraintes majeures auxquelles le Burundi fait face pour renforcer sa résilience au changement climatique sont les suivantes :

1. Faibles capacités en matière d'adaptation et de gestion des risques climatiques.
2. Faibles capacités d'atténuation et de séquestration des GES et de promotion d'un développement sobre en carbone.
3. Faibles capacités institutionnelles.
4. Faibles capacités en matière de recherche-développement et transfert de technologie.
5. Prise en compte insuffisante du genre, de la jeunesse et des groupes vulnérables dans la lutte contre le changement climatique.
6. Manque de ressources financières pour les projets d'adaptation au changement climatique.

I.2. REVUE EMPIRIQUE

Il existe, certes, une large littérature sur la mesure de l'effet des innovations agricoles (la mécanisation agricole, l'irrigation, l'adoption des variétés améliorées pour les différentes cultures, …). Plusieurs auteurs ont abordé ce thème et ils ont suivi différentes méthodologies. L'effet des innovations agricoles est une question empirique qui a fait objet d'un certain nombre d'études :

- Ndèye (2017) a étudié l'impact de l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho sur les rendements et la sécurité alimentaire dans le bassin arachidier du Sénégal. Il a utilisé les données de l'enquête menée auprès de producteurs du bassin arachidier et par après, il utilise un modèle mixte qui permet de faire une analyse multiniveau de l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho. Il s'agit du Modèle Linéaire Hiérarchique Généralisé (HGLM) en référence au Modèle Linéaire Hiérarchique (HLM), ou Modèle Mixte Linéaire Généralisé (GLMM) ou encore modèle à coefficients aléatoires. Le modèle HGLM est donc adapté aux données obtenues à partir d'un échantillonnage à plusieurs degrés. Les résultats montrent que l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho a un impact positif sur les rendements et les dépenses alimentaires.

- Josué (2019) examine les effets de la mécanisation agricole sur la sécurité alimentaire et les revenus des producteurs. Il utilise les données primaires et secondaires. Les données primaires sont récoltées à travers une enquête sur base du questionnaire. Elles sont analysées à l'aide d'outils économétriques et statistiques ; sur ce l'ANOVA ; le test de Klein, test de white et test de Chow sont réalisés. Il estime les paramètres du modèle à travers la méthode des moindres carrés ordinaires. Il s'agit du modèle linéaire multiple. Les résultats montrent que la mécanisation agricole a un effet positif sur la production agricole et la sécurité alimentaire des ménages. Il conclut que les revenus des ménages sont améliorés.

- Yaro (2019) analyse l'impact des mesures de résilience des agriculteurs face à la sécheresse et aux inondations dans deux régions du Burkina Faso sur deux indicateurs du bien-être qui sont la sécurité alimentaire et le profil de pauvreté des ménages. Après avoir collecté les données, il fait régression logistique. Les résultats montrent que l'amélioration de la résilience conduit à une amélioration considérable de la sécurité alimentaire et à une augmentation relativement faible du statut socio-économique des ménages.

- Issoufou *et al.* (2017) ont fait un modèle empirique avec objectif général d'analyser l'impact des variétés améliorées sur la productivité du mil. Après la collecte des données sur base du

questionnaire d'enquête, le modèle logit et la méthode de local average response function (LARF) sont utilisés. Les résultats montrent que ces semences ont permis d'augmenter significativement la productivité du mil chez les adoptants potentiels. Ils terminent en concluant que les semences améliorées pourraient constituer un instrument important de politiques agricoles visant la sécurité alimentaire et la durabilité de la production.

- Blaise (2014) dans son article a évalué l'impact de l'adoption des variétés améliorées de riz SAHEL sur la pauvreté au Sénégal. Il a utilisé une approche de l'effet marginal du traitement (EMT) et Le modèle de décomposition de la pauvreté. Il a trouvé que l'adoption de variétés améliorées contribue à augmenter les revenus.

- Bouréma *et al.* (2021) ont fait une étude avec objectif de déterminer les effets de l'adoption des Variétés Améliorées de Maïs dans la Région de Sikasso Mali. Après avoir récolté les données par enquête, les méthodes économétriques Probit, Logit avec l'approche contrefactuelle basée sur l'effet moyen de traitement (ATE) sont utilisées. Les résultats montrent qu'il y a une amélioration du rendement à l'hectare.

- Duflo *et al.* (2008) ont conduit une expérience randomisée sur des producteurs kényans dans le but d'étudier l'impact de l'utilisation des fertilisants chimiques sur les rendements et les revenus des producteurs. L'expérimentation consistait à donner les doses recommandées de fertilisants à des producteurs aléatoirement choisis. Les résultats ont montré que l'utilisation des fertilisants chimiques augmente significativement les rendements ; par exemple l'application d'une demi-cuillerée à soupe les augmente de 43%. Toutefois, l'expérience randomisée est rarement utilisée comme méthode d'évaluation de l'adoption des innovations agricoles.

- Mendola (2007) dans ses travaux portant sur la mesure de l'impact de l'adoption de variétés améliorées de riz sur la pauvreté au Bangladesh a utilisé le modèle d'appariement par les scores de propension (PSM). Comme résultats, il a trouvé que le revenu de ceux qui adoptent la technologie est de 30% plus élevé que celui des autres producteurs.

- Le PSM a aussi été utilisé par Kassie *et al.* (2011) ; leurs travaux portaient sur l'évaluation de l'impact de l'adoption des variétés améliorées d'arachide sur le revenu net et la pauvreté en Ouganda. Les résultats montrent qu'il y a un impact positif de l'adoption des variétés améliorées d'arachide sur les revenus nets et la réduction de la pauvreté en Ouganda.

- Abdulai & Huffman (2014) ont aussi utilisé le modèle à changement de régime ou « Endogenous Switching Regression » (ESR) pour évaluer l'impact de l'adoption des technologies de conservation du sol et de l'eau sur les revenus nets et les rendements de

producteurs de riz au Ghana. Concernant les rendements, ils ont trouvé un ETT de 26% ; s'agissant du revenu, l'ETT est de 16%.

La revue empirique de l'adoption des innovations agricoles, quoique non exhaustive, a montré un effet positif sur les rendements, la pauvreté et la sécurité alimentaire des ménages agricoles. Cependant, la différence réside dans la méthodologie à utiliser.

Au cours de notre travail, nous nous sommes inspirés par les travaux de Josué (2019) d'où l'utilisation du modèle linéaire pour tester nos hypothèses. Ce modèle sera présenté à la fin du chapitre suivant.

CHAPITRE II : APPROCHES METHODOLOGIQUES

II. 1. Description du milieu d'étude

La commune RUGOMBO est située à l'ouest de la province CIBITOKE. Elle a une superficie de 237.70km^2. Au nord la commune RUGOMBO fait frontière avec la commune de MUGINA, au sud-est la commune de BUGA NDA et au sud-ouest la République Démocratique du Congo (RDC) et à l'Est la commune de MURWI. Elle dispose également des frontières naturelles essentiellement formées par des rivières. Il s'agit de Ruhwa au nord-ouest ; de la Rusizi à l'Ouest et au sud ; de la NYAMAGANA et de la MUHIRA à l'Est. Dans la partie septentrionale, les rivières Nyamagana et Nyakagunda y font leur entrée en commune de Mugina.

La commune RUGOMBO se situe dans la région naturelle de l'Imbo. Cette dernière englobe presque la totalité de la commune RUGOMBO. La région de l'Imbo se caractérise par un climat tropical d'altitude comprise entre 800 m et 1000 m, ceci permet à la population de la commune de cultiver plusieurs variétés de cultures vivrières. C'est une situation géographique qui contribue visiblement dans l'économie de la commune car les habitants de RUGOMBO savent exploiter rationnellement cette plaine. Les précipitations sont moins abondantes ce qui a une incidence sur les saisons culturales et la production agricole. Mais, suite à son relief, on n'y trouve pratiquement pas des sources d'eau sauf qu'il y a des rivières qui traversent la commune et facilitent l'irrigation des cultures pendant la saison sèche. Dans cette commune, il existe trois saisons à la suite de ce système d'irrigation et les récoltes deviennent abondantes et la population s'en sert pour l'alimentation équilibrée.

La végétation de la commune RUGOMBO est caractérisée par une savane herbeuse parsemée d'arbres rabougris et épineux. Sur le plan économique, les spéculations agricoles sont regroupées en cultures vivrières, industrielles, maraîchères et fruitières.

Les principales cultures vivrières de la commune RUGOMBO sont : le manioc, la patate douce, le haricot, la banane, le maïs et le riz. La culture du riz occupe une place de choix pour la majorité de la population et est cultivée dans plusieurs communes. Elle devient ainsi la culture la plus consommée.

Les cultures industrielles pratiquées en commune RUGOMBO sont le café, le coton et le tabac. Les cultures maraîchères sont les choux, les oignons, les aubergines et les poivrons. Quant aux cultures fruitières, il s'agit des oranges, des mandarines, des citronniers, des avocatiers, des papayers et des manguiers.

II.2. Matériel et méthode de collecte des données

Cette partie expose les stratégies adoptées pour la collecte des données et les méthodes et outils d'analyse utilisés. Le processus de recherche suivi dans le cadre de l'étude se résume en quatre étapes : la phase préparatoire, la phase exploratoire, la phase d'enquête fine et la phase d'étude approfondie.

II.2.1. Phases de déroulement de l'étude

Les données exploitées dans la présente recherche ont été collectées en trois (3) phases à savoir : la phase de documentation, la phase exploratoire et la phase approfondie de collecte des données et d'analyse des résultats.

II.2.1.1. Phase de documentation

Pendant cette phase, nous avons consulté la littérature disponible sur les innovations agricoles faites pour faire face aux changements climatiques et ses impacts sur la vie socio-économique dans le monde et au Burundi particulièrement. Ceci nous a permis de comprendre le thème et aussi de définir les grandes lignes de la problématique, de préciser les objectifs, et de formuler les hypothèses de recherche, afin de déterminer les méthodes et les outils de collecte des données puis les outils d'analyse. Cette documentation s'est prolongée tout au long de la recherche car elle a été utile pour les analyses et l'interprétation des résultats.

II.2.1.2. Phase exploratoire

Elle a permis d'identifier les lieux où les agriculteurs pratiquent l'irrigation agricole et/ou le semis en ligne comme l'une des innovations agricoles face aux changements climatiques. Elle a aussi permis de délimiter la zone d'étude qui est la commune Rugombo, province Cibitoke, du fait de son périmètre irrigué et la présence des adoptants de semis en ligne. Elle a également permis de choisir le riz, le haricot et le maïs comme spéculation pour l'étude. Elle a aidé à comprendre le contexte de l'irrigation agricole dans la zone d'étude. L'exploration nous a permis de nous entretenir avec des personnes ressources sur le sujet d'étude. Elle nous a permis de prendre conscience des aspects auxquels notre propre expérience et notre seule lecture ne l'auraient pas rendu sensible.

II.2.1.3. Phase d'enquête fine

C'est la dernière phase de la recherche. Elle a consisté en la collecte des données nécessaires au test des hypothèses à travers des entretiens structurés par questionnaire corrigé après la phase exploratoire et selon les commentaires de mon Directeur de mémoire. La technique d'observation participante et des entretiens informels nous ont permis d'obtenir des informations complémentaires d'une grande utilité pour comprendre certaines tendances obtenues à travers les questionnaires.

Enfin, les données collectées ont été traitées et les résultats analysés, en vue de la rédaction du document final.

II.2.2. Choix de la méthode

On rencontre dans les pratiques de la mesure de l'impact des innovations les méthodes qualitatives, quantitatives et mixtes. Les méthodes qualitatives mettent l'accent sur la participation des personnes affectées par les chocs, en vue d'une compréhension commune des risques et des capacités des individus, des ménages ou des communautés à y faire face. Avec la méthode qualitative, les données sont collectées à travers les focus groups, les entretiens, les récits de vie, etc. (South *et al*. 2018).

Pour Lallau & Thibaut (2009), les récits de vie sont plus appropriés aux collectes de données qualitatives auprès des personnes ayant subi un traumatisme.

Selon eux, l'avantage des méthodes qualitatives est le fait de prendre en compte le contexte social et interpersonnel des populations affectées par les aléas climatiques. Cependant les limites à l'application de cette méthode ne sont pas négligeables. Pour ces auteurs, « il faut parfois savoir relativiser les tendances paranoïaques de certaines des personnes rencontrées, qui développent à l'envi la thèse du complot, ou percevoir les mensonges de ceux qui ont encore trop honte de leurs difficultés pour les présenter de manière crue » . En outre, l'application des méthodes qualitatives nécessite souvent plus de temps de préparation et assez de moyens pour sa réalisation (Ablett & Jones 2007 ; Lallau & Thibaut 2009). Enfin, la méthode qualitative utilise un nombre réduit d'unités observables, ce qui pose des difficultés d'extrapolation des résultats des études pour des prises de décisions (South *et al.* 2018).

Les méthodes quantitatives de mesure de l'impact ont une approche multidimensionnelle. Plusieurs domaines sont pris en compte dans la mesure (domaines économique, social,

environnement, éducation, santé, etc.) (Adger 2006 ; South *et al.* 2018). Si les méthodes quantitatives semblent les plus utilisées dans la mesure de l'impact des innovations agricoles (Alfani *et al.* 2015 ; Alinovi *et al.* 2009) *in* Yaro (2019), elles peuvent cependant être mal comprises si l'interprétation des résultats ne tient pas compte du contexte social.

Au vu de ces limites, il est de plus en plus recommandé d'utiliser des méthodes quantitatives tout en prenant en compte la participation des personnes et les spécificités socioculturelles. La nature des données disponibles pour notre étude (données quantitatives), ainsi que les limites ci-haut mentionnées de la méthode qualitative ont justifié le choix de l'application d'une mesure quantitative de l'impact des innovations en agriculture.

II.2.3. Données utilisées

Les données utilisées dans ce mémoire sont des données primaires provenant de l'enquête, effectuée grâce à l'autofinancement. L'enquête a été menée auprès d'un échantillon des agriculteurs de la commune RUGOMBO, une commune dans laquelle se trouve le périmètre irrigué ; mais aussi beaucoup des innovations ont été adoptées. Cette enquête avait pour objectif de collecter des informations sur les caractéristiques de la vie socio-économique des ménages adoptants (ou non) des innovations agricoles, sur la production de certaines cultures et sur le revenu agricole d'une façon générale. L'année de référence lors de la collecte des données était l'année culturale 2020-2021.

II.2.4. Choix des unités d'observation et méthodologie de l'enquête

L'unité d'observation est le ménage agricole. Le ménage est défini comme un groupe de personnes apparentées ou non, répondant à plusieurs critères qui sont : le fait de vivre sous un même toit, de reconnaître l'autorité d'un même individu appelé chef de ménage, de partager les repas, d'avoir une source commune de revenu ou de mettre en commun les moyens permettant de satisfaire les besoins essentiels du ménage (PNUD 1997). Ainsi, ont été considérés comme ménages agricoles, les ménages ayant comme activité principale l'agriculture. Ensuite, l'enquête a été conduite auprès de ces ménages agricoles. Elle consistait à recueillir les informations sur base du questionnaire aux agriculteurs habitant dans la commune RUGOMBO. Des informations ont été recueillies sur leurs caractéristiques socio-économiques, la production agricole (année culturale 2020-2021), les innovations et leur mesure. La cible de cette enquête était les chefs de ménages.

II.2.5. Calcul de la taille de l'échantillon

Déterminer la taille de l'échantillon est un dilemme entre diminuer les coûts et gagner de la précision. En effet, plus l'échantillon est grand, plus on gagne de la précision. Cependant, les coûts augmentent en même temps.

En tenant compte que d'abord, la taille de la population est inconnue, ensuite pas d'étude antérieure qui a été faite à l'issu de ce sujet et enfin sur base des moyens, la taille de l'échantillon est donc calculée selon la formule suivante :

$$n = \frac{p(1-p) * Z_{\alpha}^2}{e^2}$$ (Rea & Parker 2014)

n : taille de l'échantillon ;

p : proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle.

Z_{α} : intervalle de confiance de l'échantillonnage. Au seuil de significativité de 5%, Z_{α} est égal à 1,96.

e : marge d'erreur d'échantillonnage.

En général, p est obtenu d'anciennes études ou à partir des recensements. Cependant, dans le contexte de cette enquête, l'impact de l'irrigation agricole et/ou de semis en ligne n'est pas connu dans la zone ciblée. Dans ces situations, la solution est de fixer p au niveau de 0,5, valeur qui maximise la taille de l'échantillon.

La marge d'erreur, e, évalue le degré d'incertitude associé aux estimations établies à partir d'un échantillon. Elle est liée à la notion de précision statistique (ou fiabilité d'échantillonnage) qui est définie comme une mesure de l'écart entre l'estimation obtenue à partir de l'échantillon et la vraie valeur du paramètre (Vaillant 2010). Cet écart est attribuable à deux types d'erreurs : l'erreur d'échantillonnage et l'erreur d'observation. Les valeurs acceptables de la marge d'erreur dans les enquêtes statistiques se situent dans l'intervalle [0,01 ; 0,05], mais à défaut on peut considérer l'intervalle [0,01 ; 0,1], plus elle est faible, plus la taille de l'échantillon est élevée. Dans notre travail, e est fixé à 0,1 ou 10% pour minimiser la taille de l'échantillon à cause des moyens disponibles.

Avec ces valeurs, la taille de l'échantillon de l'enquête est donc :

$$n = \frac{0{,}5(1-0{,}5)*(1{,}96)2}{(0{,}1)2} = 96{,}04$$

Lors de l'enquête, nous avons majoré jusqu'à 100 ménages pour pouvoir compenser la perte des données lors de nettoyage. Heureusement, le nettoyage n'a pas perturbé l'échantillon. Aussi, nous avons majoré la taille de l'échantillon car les personnes contactées pour l'enquête peuvent choisir de refuser d'y participer et d'y répondre, raison pour laquelle il est préférable de contacter un nombre de personnes légèrement supérieur à celui initialement trouvé par l'échantillonnage (Rea & Parker 2014). D'où un échantillon de 100 ménages fait l'objet de l'étude.

En plus, la commune RUGOMBO est subdivisée en trois zones administratives qui font toutes l'objet de notre enquête. Ces trois zones possèdent 17 collines et le nombre des collines à enquêter est donné par la formule suivante de Pascal Ardilly :

$$n_{\text{collines}} = \frac{p(1-p)+\frac{e^2}{Z_\alpha^2}}{\frac{e^2}{Z_n^2}+\frac{p(1-p)}{N}} \quad \text{(Ardilly 2006)}$$

Où :

$n_{collines}$: taille de l'échantillon pour les collines.

N : taille de la population cible.

Z_α : intervalle de confiance.

p : Proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle, la proportion de 50% est prise parce qu'aucune étude antérieure n'a été faite pour nous fournir p.

e : La marge d'erreur que l'on est prêt à accepter en décimales. Nous prenons 5% soit 0,05.

$$n_{collines} = \frac{0{,}5(1-0{,}5)+\frac{(0{,}05)^2}{(1{,}96)^2}}{\frac{(0{,}05)^2}{(1{,}96)^2}+\frac{0{,}5(1-0{,}5)}{17}} = 16{,}279 \sim 16$$

Selon la formule, le nombre de collines à enquêter est égal à 16. Cependant, compte tenu du temps et des moyens, la taille de 16 collines est élevée.

En effet, selon Slimani, lorsque la population est réduite, il est nécessaire d'appliquer un facteur correctif. La taille de l'échantillon est ajustée pour trouver n' selon la formule suivante :

$$n' = \frac{N*n}{N+n} \quad \textbf{(Slimani n.d.)}$$

Après ajustement suivant la formule de Slimani, le nombre de collines à enquêter devient :

$$n' = \frac{17*16}{17+16} = 8{,}5 \approx 9$$

Pour connaître les collines à enquêter nous avons utilisé un échantillonnage aléatoire simple à l'aide de randomizer.org. Ainsi, les collines Cibitoke, Kagazi, MunyikaI, MunyikaII, MparamboI, Mparambo II, Gabiro-Ruvyagira, Samwe et Rusororo ont été retenues comme lieux d'étude (tableau 2.1).

Tableau 2. 1 : Répartition de l'échantillon par colline

Zone	Colline	Effectifs
Rugombo	Gabiro-ruvyagira	11
	MparamboI	11
	MparamboII	11
	Munyika I	11
	MunyikaII	11
	Samwe	11
Cibitoke	Cibitoke	11
	Kagazi	11
Kiramira	Rusororo	12
Total		100

Source : Auteur

En ce qui concerne les individus à enquêter, nous avons utilisé l'échantillonnage des volontaires. Il suffit qu'il accepte d'être enquêté et qu'il soit dans le groupe.

II.2.6. Outils, analyse et traitement des données

Les données ont été collectées à l'aide de Smartphone avec le logiciel KoBoCollect et sont transférées régulièrement sur le serveur KoBoCollect. Ensuite les données ont été déployées

vers Excel où le contrôle de la qualité des données, le nettoyage et le codage des variables ont été effectués dans la base de données XLS. Ainsi, une base de données bien nettoyée et de qualité requise est obtenue. Celle-ci a été ensuite importée du logiciel Excel au logiciel STATA et SPSS où une réadaptation profonde des variables à analyser a été effectuée avant leur traitement. Après apurement des données, des analyses approfondies ont été réalisées.

Les principaux outils informatiques utilisés sont STATA et SPSS pour le traitement statistique des données : l'analyse descriptive, l'analyse bivariée, l'analyse multivariée et l'analyse multidimensionnelle.

Le logiciel Excel a également servi à construire certaines figures et pour certains calculs tandis que pour la gestion des références, le logiciel Mendeley a été utilisé. Sur terrain, en plus de smartphone, nous avons utilisé le carnet et le stylo.

II.3. Présentation du modèle linéaire ou modèle de régression linéaire

La régression linéaire est une des méthodes les plus connues et les plus appliquées en statistique pour l'analyse de données quantitatives. Elle est utilisée pour établir une liaison entre une variable quantitative et une ou plusieurs autres variables quantitatives ou qualitatives, sous la forme d'un modèle. Si on s'intéresse à la relation entre deux variables, **on parlera de régression simple** en exprimant une variable en fonction de l'autre. Si la relation porte entre une variable et plusieurs autres variables, **on parlera de régression multiple**

1. Le modèle linéaire simple

Selon le régis Bourbonnais, manuel et exercices corrigés, 9ème édition, un modèle linéaire simple est un modèle dans lequel le nombre de séries explicatives (variables explicatives) « X » est égal à « 1 » (Bourbonnais 2015). En d'autres termes, le modèle linéaire est dit simple, lorsqu'il ne comporte qu'une seule variable explicative.

La forme mathématique du modèle suivante :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Avec :

Y : la variable endogène (dépendante, à expliquer) ;

X : la variable exogène (indépendante, explicative) ;

B_0 et β_1 : les paramètres inconnus du modèle ;

ε : l'erreur aléatoire du modèle ;

Au cours de mon travail, l'estimation du modèle est faite par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO).

Le modèle estimé (modèle ajusté) :

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X + e$$

Où

$\hat{Y}$ est la valeur prédite de Y ;

$\hat{\beta}_0$ et $\hat{\beta}_1$ sont respectivement les estimateurs des paramètres β_0 et β_1 qui apparaissent dans l'équation de régression de la population.

e : est le résidu du modèle.

2. Le modèle linéaire multiple

Selon régis Bourbonnais, manuel et exercices corrigés, 9ème édition le modèle linéaire est dit multiple à partir de deux (2) variables explicatives, c'est-à-dire, lorsque le modèle comporte au moins deux (2) variables explicatives (k= 2) (Bourbonnais 2015).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + ... + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Où Y

$X_j (j = 2,3,.....,k)$ Sont des variables explicatives encore appelées régresseurs; les $\beta_j (j = 0,1,2,3,.....,k)$ sont les paramètres inconnus de la population

et ε est la perturbation ou le terme d'erreur.

Comme pour le modèle linéaire simple, l'estimation est faite par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO).

Le modèle estimé est :

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \hat{\beta}_3 X_3 + ... + \hat{\beta}_k X_k$$

Où les $\hat{\beta}_j$ sont des estimateurs des β_j de la population et $\hat{Y}$ est la valeur prédite de Y .

La figure 2.1 montre la démarche statistique de notre recherche :

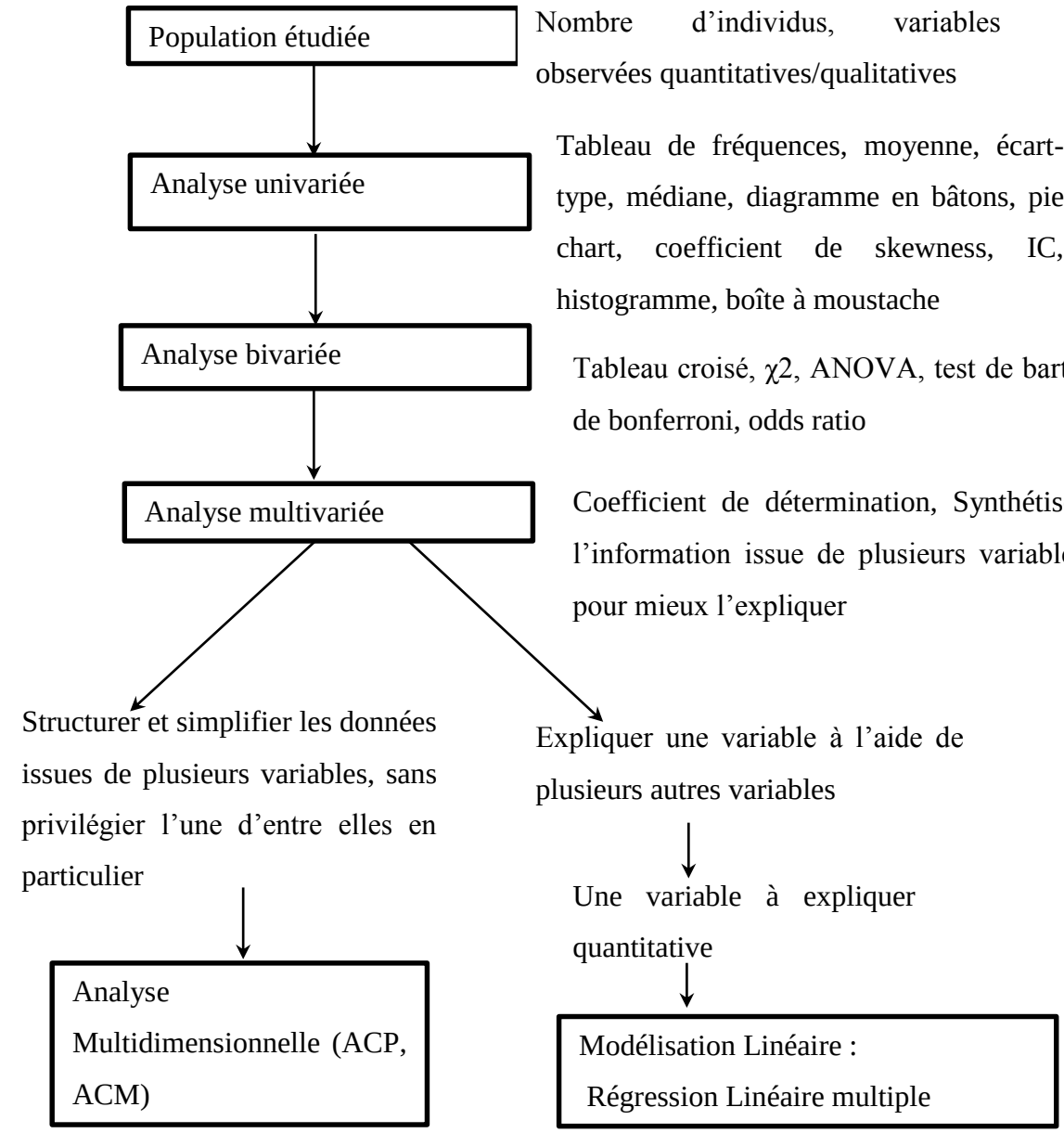


Figure 2. 1 : Démarche statistique

II.4. Limites de la recherche

Au cours de notre travail de recherche, nous avons été confrontés à différents problèmes. Certaines institutions et organisations refusent de mettre à la disposition du public certaines informations. Dès le début de notre phase de documentation, nous avons écrit la lettre de demande d'accès aux données sur le périmètre irrigué de l'Imbo nord à l'Enabel-Burundi et on n'a pas répondu.

En outre, la contrainte majeure à laquelle nous avons fait face lors de la phase de terrain est liée à la nature des données à collecter. En effet, la plupart de ces données sont quantitatives et font appel à la mémoire des producteurs. Sachant qu'ils ne tiennent pas la comptabilité, les réponses fournies sont des estimations qui, le plus souvent, sont différentes de la réalité. Quant aux données qualitatives, seuls les événements majeurs retiennent beaucoup plus l'attention et restent gravés dans les mémoires. Les données collectées comportent certainement des insuffisances bien que les interviews aient été conduites pour aller au-delà des phénomènes climatiques extrêmes, c'est-à-dire avoir la perception de ces acteurs sur les tendances climatiques. Aussi, les estimations de perte de récoltes au cours des cinq dernières campagnes agricoles pourraient être quelque peu biaisées car les producteurs trouvaient dans la réalisation de l'enquête, un travail pouvant les aider à jouir d'une probable aide alimentaire.

Enfin, le désintéressement de plus en plus remarqué des paysans aux enquêtes a été un grand blocage au début. Fort heureusement, les nombreuses séances d'explication se sont révélées fructueuses et ont permis l'heureux aboutissement de cette recherche.
L'exploitation des données de la seule commune pourrait constituer des biais du fait que ces données peuvent ne pas refléter dans les moindres détails la situation dans l'ensemble du pays.

CHAPITRE III : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESUTATS

III.1. ANALYSE DESCRIPTIVE

III.1.1. Genre du chef du ménage

Au Burundi, le chef de ménage est généralement l'homme. Les cas contraires s'observent si l'homme :

- est mort ou a divorcé ;
- souffre d'une maladie chronique grave ;
- a perdu une capacité de réflexion mentale.

Dans la présente étude, 77% sont des hommes et 23% sont des femmes (figure 3.1).

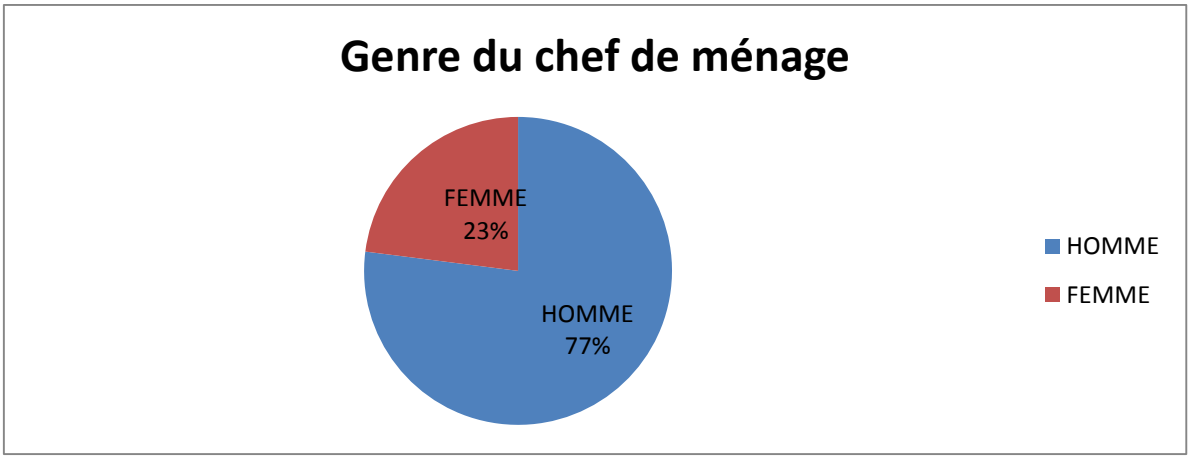


Figure 3. 1 : Répartition des chefs des ménages selon le genre

III.1.2. Age du chef de ménage

L'âge du chef de ménage est un facteur permettant à l'individu de connaître les changements climatiques qui se sont passés, ses effets et par conséquent l'individu est appelé à innover pour faire face. Le tableau 3.1 décrit l'âge dans la zone d'étude.

Tableau 3. 1 : Statistiques descriptives sur l'âge du chef de ménage

Moyenne	Médiane	Min	Max	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
45,84	44	27	75	11,1	[43,64 48,04]	0,60	0,0140

L'analyse du tableau 3.1 montre que l'âge moyen des enquêtés est de 45 ans (moyenne= 45,84). Donc, si on veut attribuer équitablement l'âge à chaque chef de ménage, chacun aurait 45,84. La valeur de la médiane est 44 et se situe dans l'intervalle de confiance de la moyenne. Donc la médiane est statistiquement équivalente à la moyenne. Cela signifie que la majorité des chefs de ménage ont un âge qui gravite autour de l'âge moyen (μ=45,84). En moyenne la différence d'âge entre un chef de ménage et un autre est de 11 ans (écart type = 11,1).
La valeur de Skewness (0,60) est supérieure à 0. Cela veut dire que la majorité des chefs de ménages ont l'âge se trouvant dans la partie inférieure à la moyenne (μ=45,84).

III.1.3. Niveau d'étude des chefs de ménages

L'éducation est un facteur favorisant l'adoption des stratégies innovantes.
Dans la zone d'étude, le chef du ménage est soit sans éducation, alphabétisé, de niveau primaire ou de niveau secondaire. La répartition des chefs d'exploitation selon leurs niveaux d'étude est présentée brièvement sur la figure 3.2.

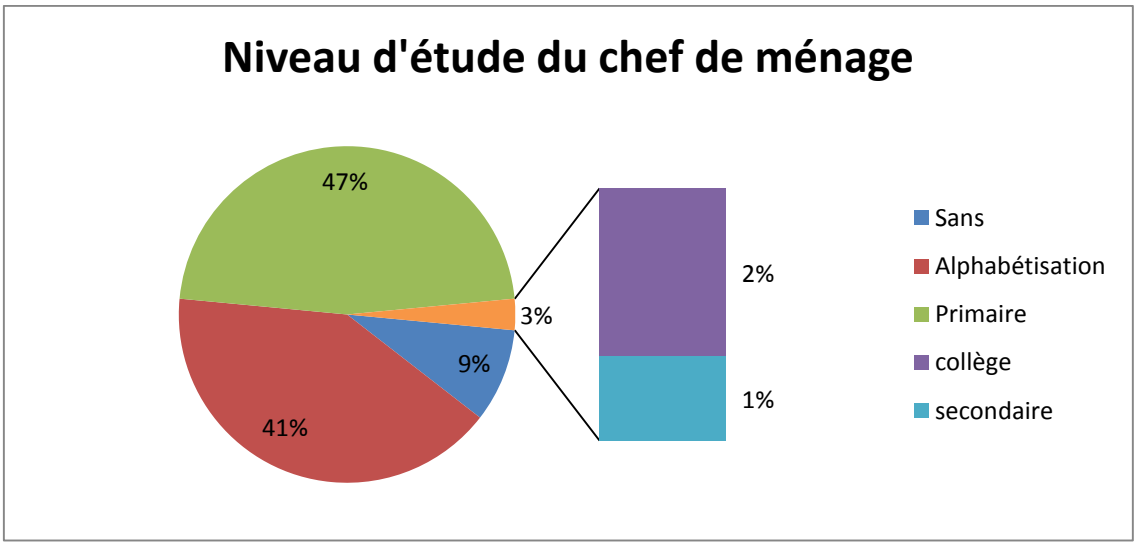


Figure 3. 2 : Répartition des chefs de ménage selon leurs niveaux d'étude

Sur 100 chefs de ménages enquêtés, 47% ont un niveau primaire, 41% ont fait l'alphabétisation, 9% sont sans l'éducation, 2% ont un niveau collège, 1% ont un niveau secondaire et personne n'a fait l'université.

III.1.4. Taille du ménage, nombre d'enfants dans le ménage, nombre de personnes actives dans le ménage

En considérant le ménage comme l'ensemble de personnes, quels que soient les liens qui les unissent, qui occupent un même logement à titre de résidence principale pendant au moins six mois et participant ensemble à son économie (Thibaut *et al.* 2004), la taille de ménage sera donc le nombre total de ces personnes. Le tableau 3.2 montre la moyenne, le minimum et le maximum de la taille du ménage, d'enfants dans le ménage et des personnes actives dans le ménage.

Tableau 3. 2 : Statistiques descriptives sur la taille du ménage, nombre d'enfants dans le ménage et nombre de personnes actives dans le ménage

	Moyenne	Minimum	Maximum
Taille du ménage	5,96	2	12
Nombre d'enfants dans le ménage	4,05	1	9
Nombre de personnes actives dans le ménage	3,64	1	10

- ✓ Sur nos 100 observations, nous avons la taille de ménage moyenne de 6 personnes, La taille minimale de 2 personnes et la taille maximale est de 12 personnes.
- ✓ Pour le nombre d'enfants vivant dans le ménage, nous avons la moyenne de 4 enfants, le minimum de 1 enfant et le maximum de 9 enfants.
- ✓ La moyenne des personnes actives est 4 personnes, le minimum est 1 personne et le maximum est 10 personnes.

III.1.5. Activité principale du chef de ménage & Activité secondaire de chef de ménage

L'activité (principale ou secondaire) du chef de ménage est un facteur influençant la situation socio-économique du ménage. Dans notre enquête, la majorité des chefs de ménages ont l'agriculture comme activité principale mais les activités secondaires sont très diversifiées. Les figures 3.3 et 3.4 montrent la répartition des ménages selon l'activité principale et l'activité secondaire du chef du ménage.

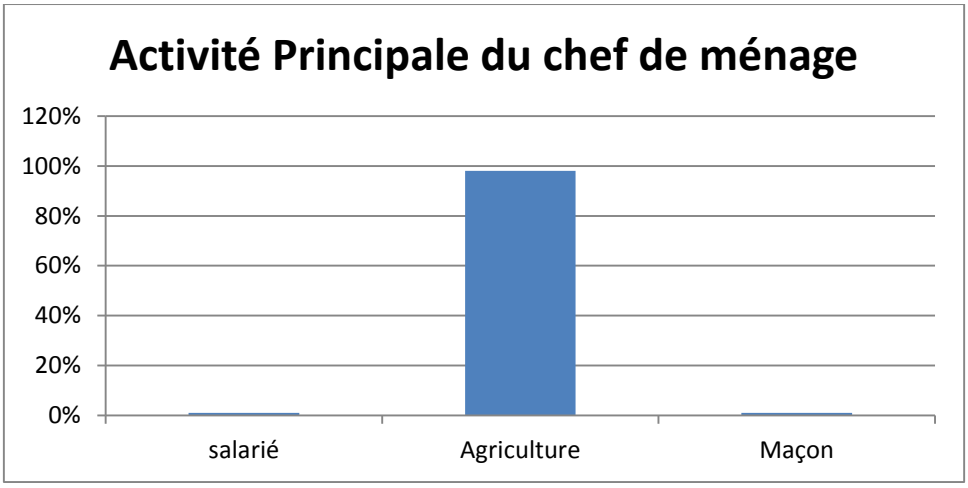


Figure 3. 3 : Répartition des chefs de ménage selon leurs activités principales

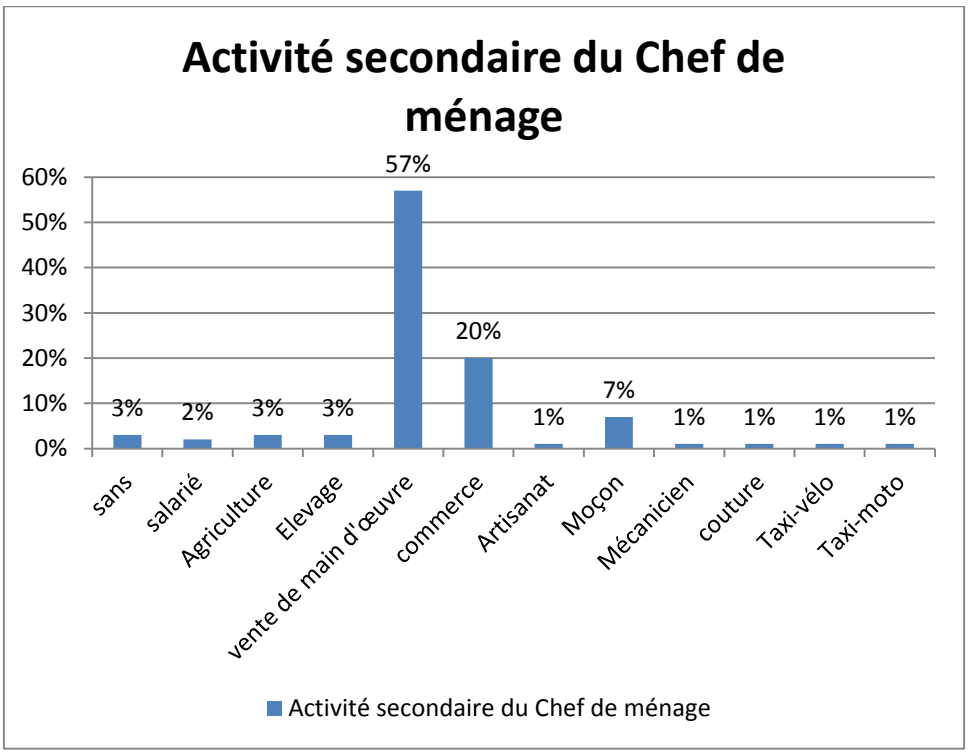


Figure 3. 4 : Répartition des chefs de ménage selon leurs activités secondaires

Parmi les chefs de ménages enquêtés, 98% ont comme activité principale l'agriculture ; 1% sont des salariés et 1% sont des maçons. Pour l'activité secondaire, 57% font la vente de main d'œuvre ; 2% sont des salariés, 20% font le commerce, 7% sont des mécaniciens, 3% font l'agriculture, 3% font l'élevage, les autres activités telles que l'artisanat, maçon, couture, taxi-moto et taxi-vélo sont faites par 1% chacune tandis que 3% sont sans activité secondaire.

III.1.6. Etat des maisons dans la zone d'étude

Par la présente étude, nous nous sommes référés sur les caractéristiques observables telles que la toiture, le mur et le parterre des maisons dans les ménages enquêtés. Les types de toitures identifiés sont les tôles, les tuiles ou les pailles ou chaumes. Quant aux murs, ils sont constitués par les briques cuites, les briques adobes ou les bois et boue et avec un parterre cimenté ou en terre. Les figures 3.5 ; 3.6 et 3.7 montrent la répartition des ménages selon les caractéristiques des maisons.

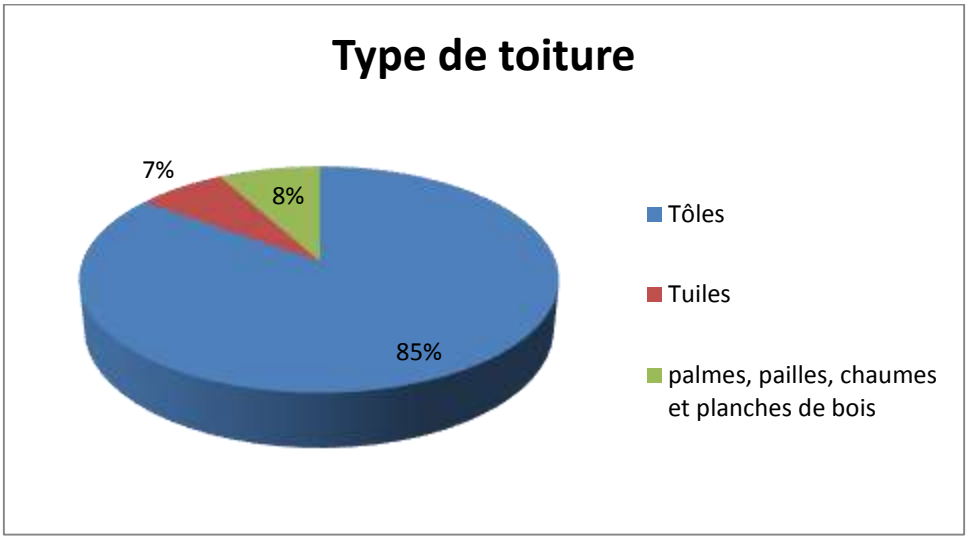


Figure 3. 5 : Répartition des ménages selon la toiture de leurs maisons

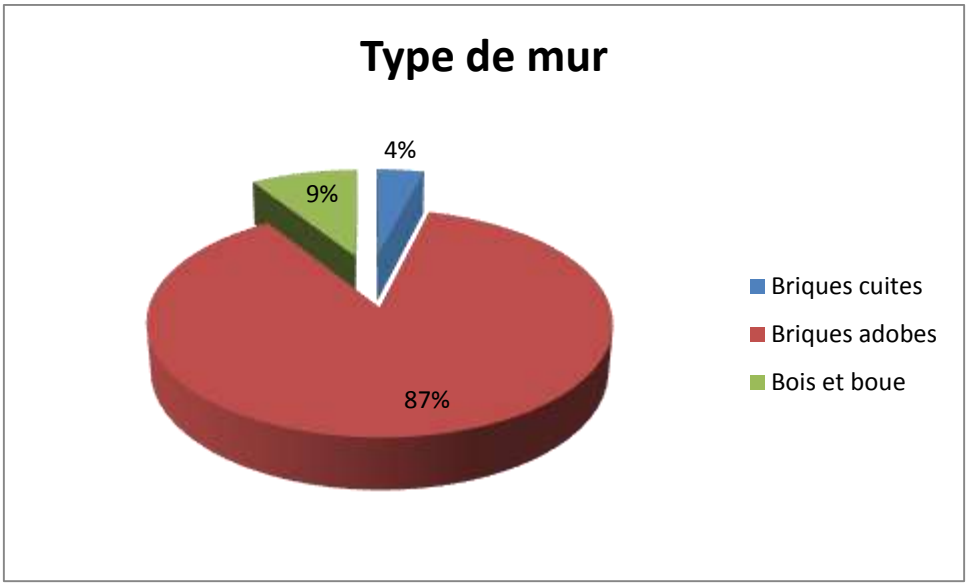


Figure 3. 6 : Répartition des ménages selon la toiture de leurs maisons

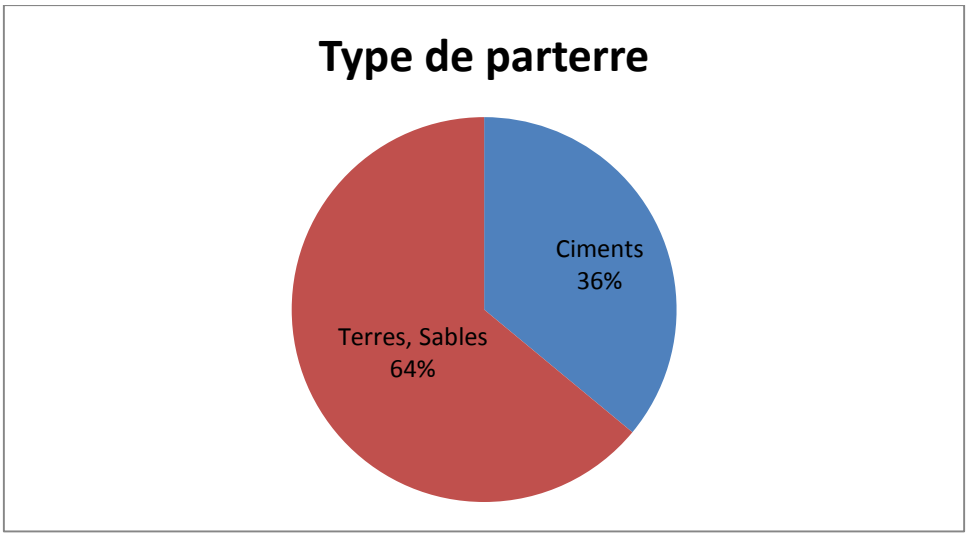


Figure 3. 7 : Répartition des ménages selon le parterre de leurs maisons

Sur 100 ménages enquêtés,

- 85% ont des maisons en tôles, 7% ont des maisons en tuiles et 8% ont des maisons en pailles, palmes, chaumes ou planches en bois ;
- 87% ont des maisons avec murs en briques adobes ; 4% ont des maisons en briques cuites et 9% ont des maisons en bois et boue ;
- 36% ont des maisons cimentées et 64% ont des maisons dont le parterre est la terre.

III.1.7. Moyens de transport dans la zone d'étude

Les moyens de transport (figure 3.8) identifiés dans les ménages enquêtés sont les vélos et motos. Personne ne possède une voiture.

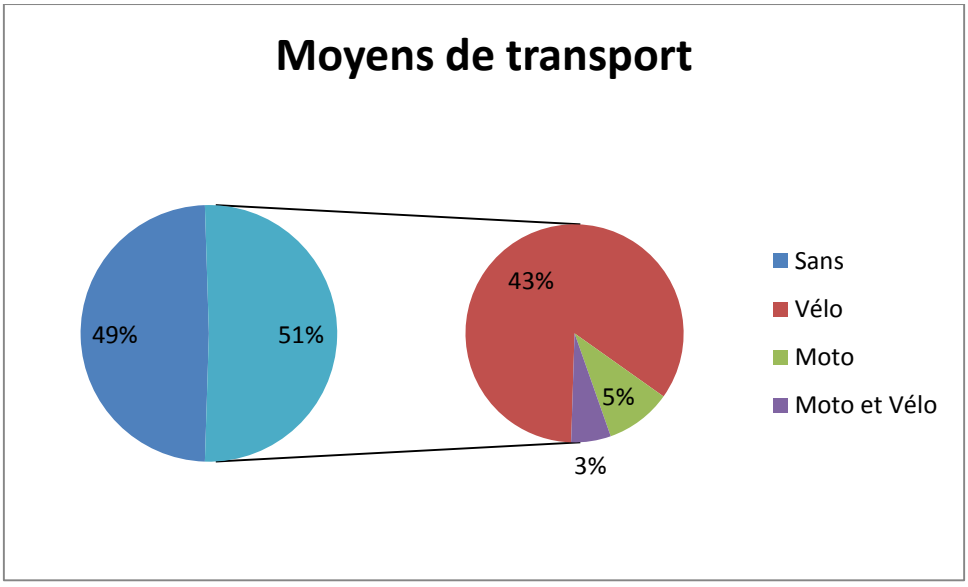


Figure 3. 8 : Répartition des ménages selon le moyen de transport possédé

L'analyse de la figure montre que 49% sont sans moyens de transport, 43% ont des vélos, 5% ont des motos et 3% ont à la fois vélo et moto.

III.1.8. Type de machine dans le ménage

Les moulins, machines à coudre et les machines à écrire sont les machines repérées dans les ménages enquêtés. Mais la plupart des ménages ne possèdent pas de machines. La figure 3.9 montre la répartition des ménages selon le type de machine disponible dans le ménage.

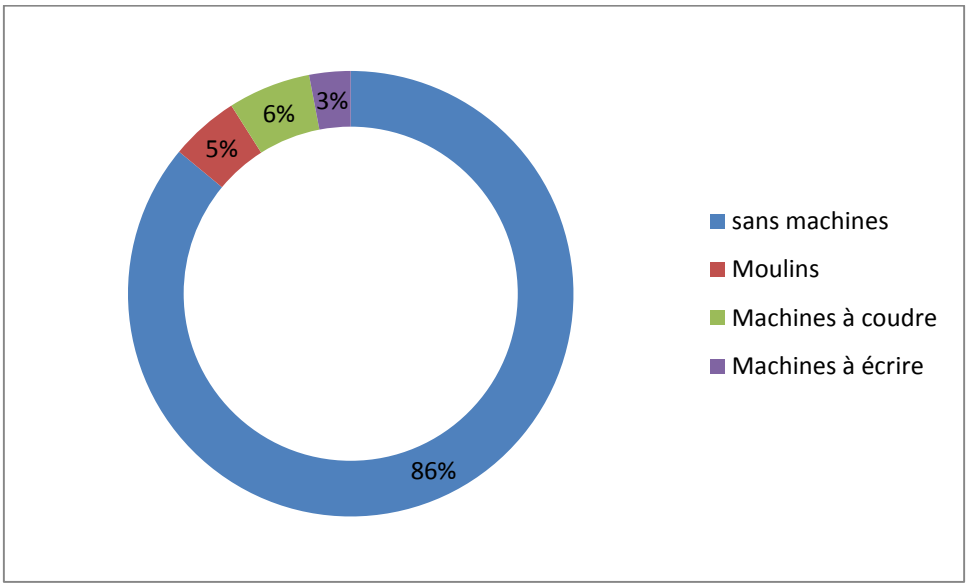


Figure 3. 9 : Répartition des ménages selon le type de machine

L'analyse de la figure 3.9 montre que 86% n'ont pas des machines dans leurs ménages, 5% ont des moulins, 6% ont des machines à coudre tandis que 3% ont des machines à écrire.

III.1.9. Saisons culturales

Le Burundi connaît trois saisons culturales dont les deux premières se réalisent sur les collines et la troisième dans les bas-fonds humides (ou dans les superficies irriguées). Ces trois saisons sont :

La saison A communément appelée "Agatasi" qui commence par le mois de Septembre jusqu'au mois de Janvier. C'est une petite saison de pluies.

La saison B appelée "Impeshi", qui débute avec le mois de Février jusqu'au mois de Mai. C'est la grande saison des pluies.

La saison C qui est la saison sèche, communément appelé "Ici" commence par le mois de juin jusqu'au mois de Septembre. C'est la saison quasiment sans pluies, seules les cultures irriguées peuvent être pratiquées.

Dans la zone d'étude ; certains chefs de ménages ont confirmés qu'ils cultivent deux saisons du fait qu'ils ne possèdent pas des superficies irriguées alors que d'autres cultivent trois saisons (figure 3.10).

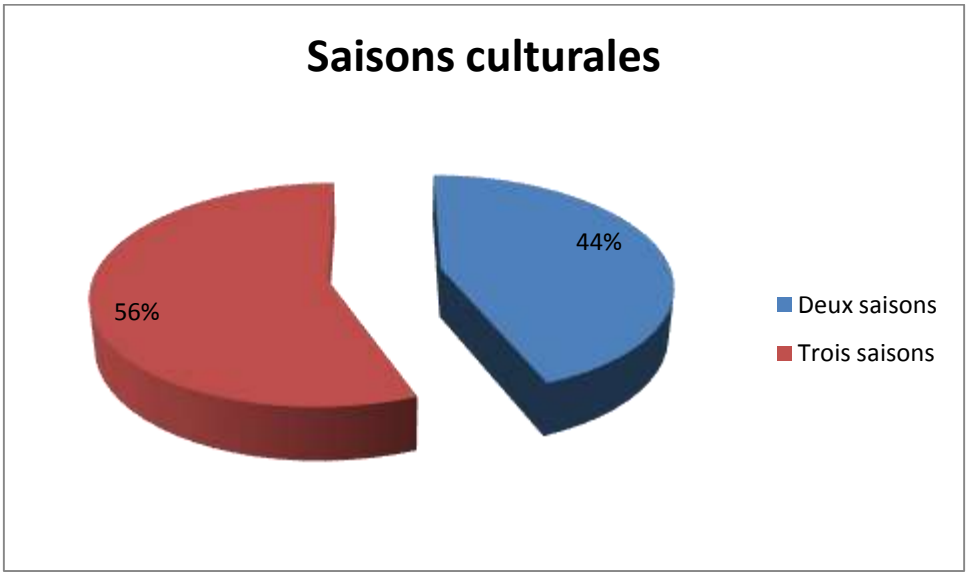


Figure 3. 10 : Répartition des ménages selon le nombre de saisons exploité

L'analyse de la figure 3.10 montre que 56% cultivent trois saisons au moment où 44% cultivent deux saisons.

III.1.10. Elevage dans la zone d'étude

Dans la zone d'étude, il y a des ménages qui n'ont aucun animal mais la plupart des ménages possèdent des animaux d'élevage (figure 3.11). Pour ceux qui les possèdent, les animaux d'élevage identifiés sont les vaches, chèvres, moutons, porcs, les volailles, les lapins et les cobayes (figure 3.12).

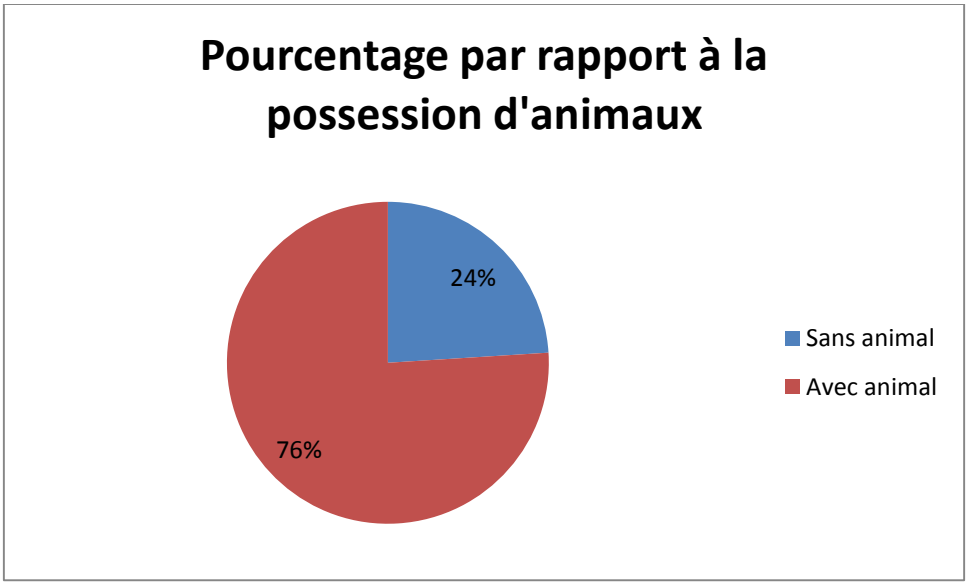


Figure 3. 11 Répartition des ménages selon la possession d'animaux

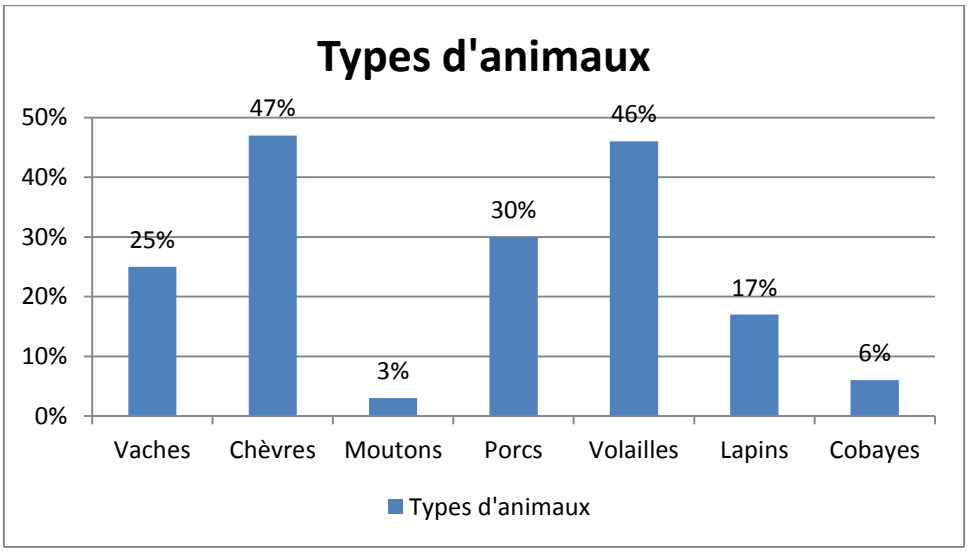


Figure 3. 12 : Types d'animaux

L'analyse de ces figures 3.11 et 3.12 montre que 76% ont des animaux dans leurs ménages et 24% n'ont aucun animal. Pour ceux qui le possèdent, 25% ont des vaches, 47% ont des chèvres,

3% ont des moutons, 30% ont des porcs, 46% ont des volailles, 17% ont des lapins et 6% ont des cobayes.

III.1.11. Nombre des ménages ayant des superficies irriguées

L'objectif de la présente étude est d'analyser l'impact des innovations entre autres l'irrigation qui fait partie des pratiques des ménages de la commune Rugombo, d'où la comparaison des ménages ayant des parcelles irriguées avec ceux qui n'en ont pas. Au cours de l'enquête, les entretiens ont été menés sur ces deux groupes de ménages. La figure 3.13 montre la répartition des ménages selon la pratique d'irrigation.

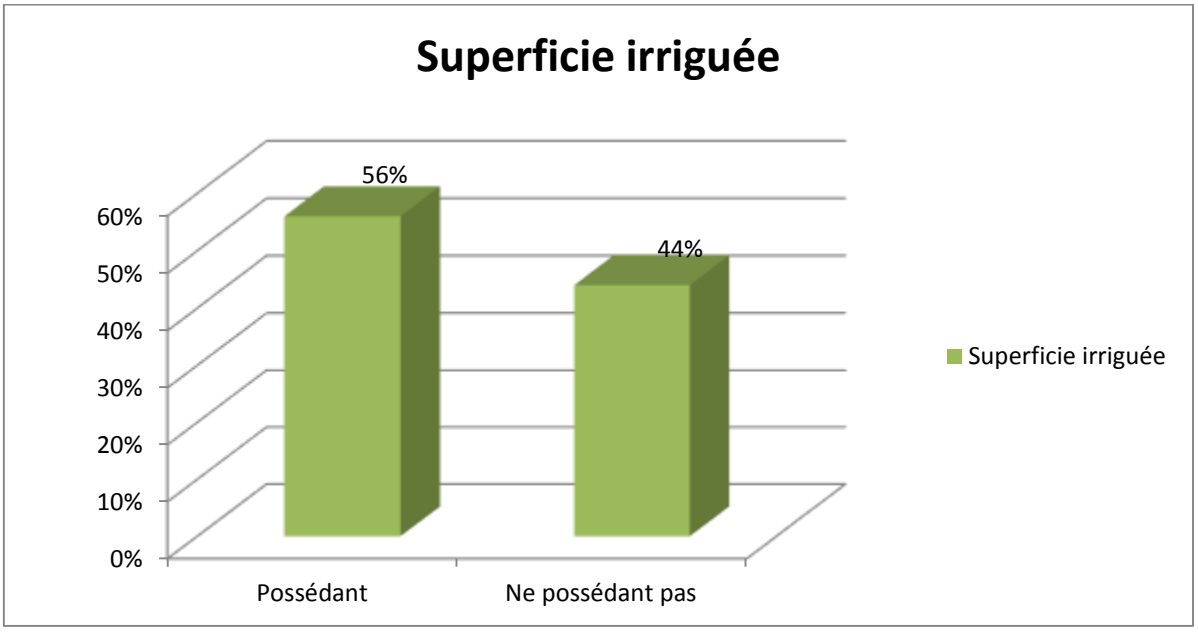


Figure 3. 13 : Répartition des ménages selon la possession d'une superficie irriguée

Sur 100 ménages enquêtés, 56% bénéficient de l'irrigation.

III.1.12. Changement climatique dans la zone d'étude

On entend par « changements climatiques » des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables (CCNUCC 1992). Il se traduit par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de production. Il s'agit i) de décalages dans les calendriers climatiques (retard dans l'arrivée des pluies notamment) ; ii) Changement de pluviométrie iii) de la fréquence accrue des phénomènes paroxystiques et des événements anormaux (cyclones, gelées, températures anormalement élevées, inondations, des sécheresses, tempêtes, etc.).

Dans la zone d'étude, le changement climatique est une réalité. 100% des chefs de ménages enquêtés ont confirmé qu'ils ont subi des chocs climatiques au cours des 10 dernières années. Les chocs agro écologiques auxquels ils ont été confrontés sont la sécheresse, inondations, érosion, excès de pluie, maladies des plantes et des animaux, ravageurs des plantes, vents violents(tempêtes) et températures extrêmes. Ainsi, l'étude nous a permis de révéler la perception qu'ont les producteurs de la commune RUGOMBO sur l'évolution du climat. La figure 3.14 nous présente les différents chocs climatiques subis.

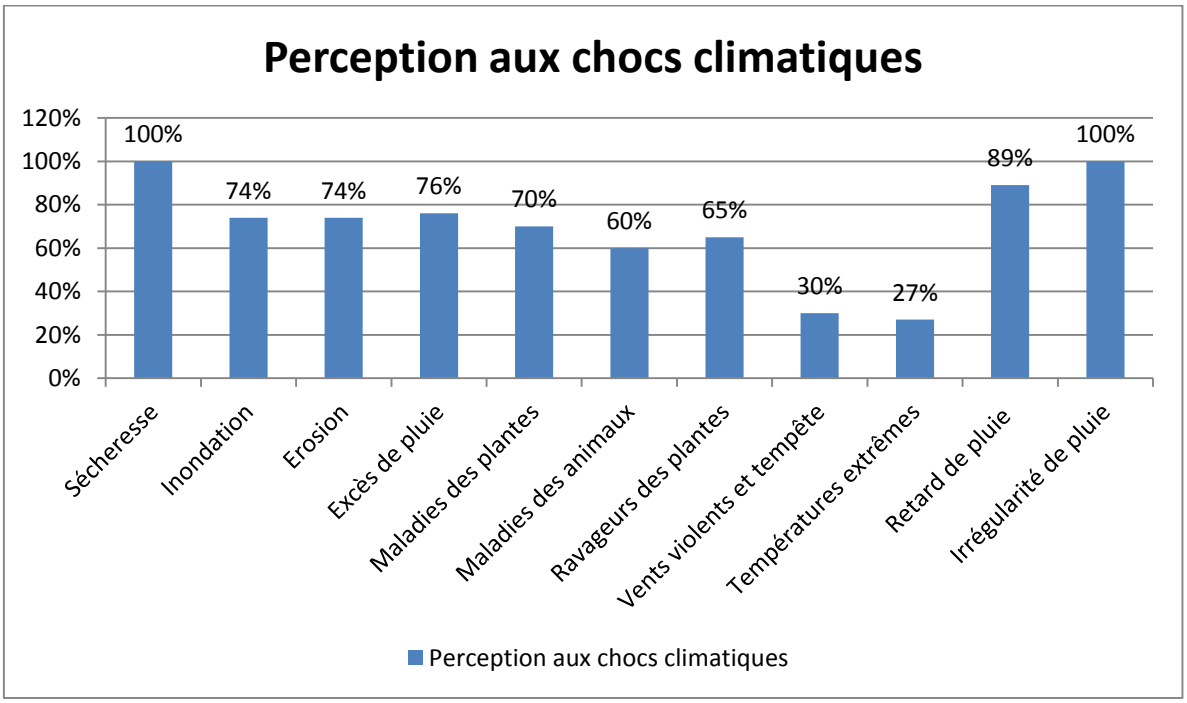


Figure 3. 14 Perception aux changements climatiques

100% des chefs de ménages interrogés ont confirmés qu'ils ont subi la sécheresse et l'irrégularité de pluie, 89% confirment le retard de pluie , 74% confirment qu'ils ont subi l'inondation et l'érosion, 76% qu'ils ont subi l'excès de pluie, 70% confirment qu'ils ont été victimes des maladies des plantes, 65% ont été victimes des ravageurs des plantes, 60% ont été victimes des maladies des animaux, 30% ont été victimes des vents violents et tempête et 27% ont été victimes des températures extrêmes.

III.1.13. Système d'information, de sensibilisation et de formation des agriculteurs

Les organisations paysannes (OP), par leurs actions d'information et de vulgarisation, renforcent les capacités de production de leurs membres et élargissent leurs compétences

techniques répondant à l'une des finalités d'une OP consistant à améliorer les modes et moyens d'existence de leurs membres.

Dans le contexte actuel, les enjeux environnementaux sont plus une préoccupation. De ce fait, l'appartenance à un groupement des producteurs (coopératives) ; la participation au projet de développement ; la formation agricole ; les conseils agricoles et le contact avec les agents de vulgarisation constituent les canaux et moyens pour informer les agriculteurs sur le changement climatique et pour en faire face (figure 3.15). C'est à travers ces canaux que les agriculteurs sont interpellés à innover.

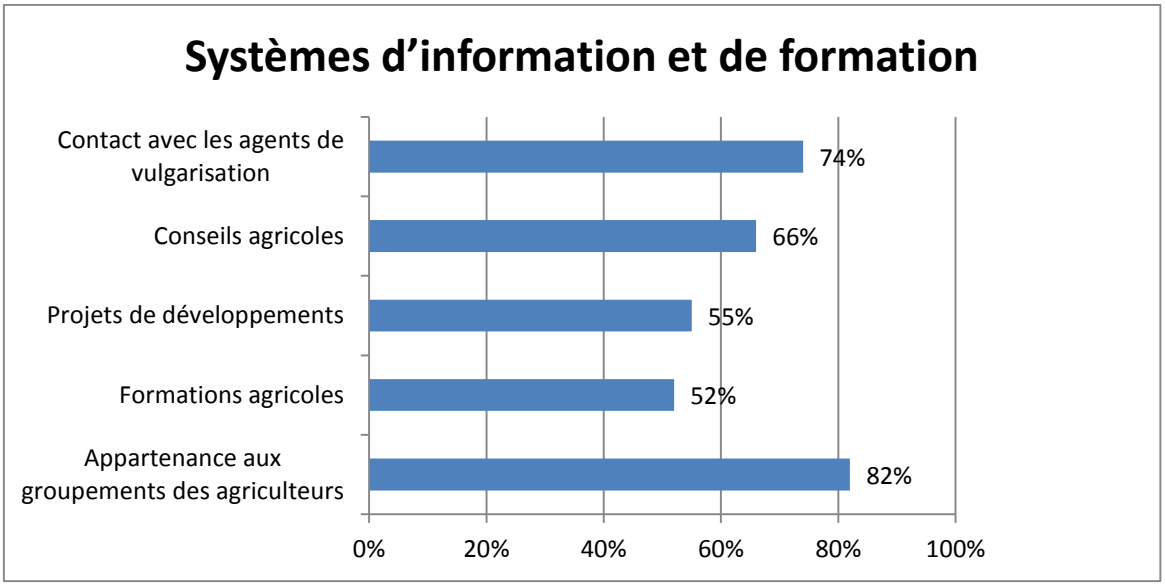


Figure 3. 15 : Systèmes d'information et de formation

Sur 100 ménages enquêtés, 82% appartiennent au moins à un groupement des producteurs, 52% ont confirmé qu'ils ont reçu des formations agricoles, 55% ont bénéficié des projets de développement, 66% ont reçu des conseils agricoles et 74% sont en contact avec les agents de vulgarisation.

III.1.14. Pratiques modernes introduites dans l'agriculture

En plus de l'utilisation de fumure organique, il existe d'autres pratiques agricoles modernes notamment l'irrigation, la mécanisation, le microdosage, l'utilisation des semences améliorées et l'application des engrais minéraux. Ces bonnes pratiques sont imputables à l'augmentation des revenus des paysans. Cela pourrait créer un cercle vertueux dans lequel de meilleurs revenus permettraient aux agriculteurs de faire l'épargne, ce qui leur permettrait de recourir davantage à l'innovation agricole.

Dans la zone d'étude, personne ne pratique la mécanisation agricole. Le tableau 3.3 présente les pratiques modernes adoptées et leur fréquence d'adoption

Tableau 3. 3 : Pratiques modernes introduites en agriculture

Pratiques modernes	Fréquence	Pourcentage
Engrais minéral	99	99,00
Fumure organique + Fumure minéral	92	92,00
Semences améliorées/variétés adaptées aux conditions rudes	78	78,00
Microdosage	98	98,00
Irrigation	56	56,00

D'après les résultats de ce tableau, 99% des agriculteurs échantillonnés utilisent les engrais minéraux tandis que 92% font la combinaison du fumier et d'engrais minéral. Cette combinaison des fumures minérales et organiques est fortement recommandée aussi bien pour les petits producteurs que pour les grandes exploitations, ce qui permet de gérer la fertilité des sols.

Par ailleurs, 78% utilisent les semences améliorées fournies soit par l'Etat, soit par les coopératives ou par les ONGs (TUBURA). L'adoption de ces nouvelles variétés (variétés améliorées) est due au fait que leur valeur commerciale est plus élevée que celle de la variété locale et de rapidité à entrer en production (manioc, maïs, les essences fruitières, etc).

En outre, 98% des paysans font le microdosage d'engrais et de fumure organique qui est l'application judicieuse de petites doses d'engrais dans la butte contenant la plante au moment du semis, ou à la base de la plante peu après le semis. Ceci remplace la méthode classique de l'épandage d'engrais dans le champ. Cette administration de l'engrais avec précision aide les racines à se développer plus rapidement, à capturer davantage de nutriments locaux et à trouver l'eau et 56% font l'irrigation agricole. Ensemble, ces pratiques augmentent considérablement l'efficacité agronomique et économique. Cela se traduit par un fort rendement et ceci encourage les agriculteurs.

III.1.15. Perceptions des agriculteurs sur l'irrigation agricole

L'irrigation présente de multiples avantages. Dans la zone d'étude, même les ménages ne possédant pas le périmètre irrigué constatent les avantages de l'irrigation (tableau 3.4).

Tableau 3. 4 : Perceptions des agriculteurs sur l'irrigation

Perceptions liées à l'irrigation agricole	Fréquence	Pourcentage
Augmente le rendement	100	100
Permet 3 saisons culturales par an	100	100
Dégage un surplus commercial	85	85
Effet positif sur la fertilité du sol	60	60
Valorisation de l'effort humain	90	90

L'analyse des perceptions des agriculteurs sur l'irrigation montre que la plupart des agriculteurs ont signalé les effets positifs de l'irrigation. En l'occurrence, 100% des paysans déclament qu'elle augmente le rendement et permet 3 saisons culturales. En plus, 85% des paysans ont confirmé que l'irrigation agricole dégage un surplus commercial. De même, 60% des paysans avouent qu'elle a un effet positif sur la fertilité du sol et 90% des paysans admettent qu'elle valorise l'effort humain, c'est-à-dire qu'elle élimine le dur labeur associé à la production agricole qui repose sur l'énergie musculaire humaine.

Même si les agriculteurs de la zone d'étude ont des perceptions positives, les riziculteurs évoquent les problèmes rencontrés dans l'irrigation comme l'indique le tableau 3.5.

Tableau 3. 5 : Répartition des ménages irrigants selon les problèmes rencontrés

Problèmes rencontrés	Fréquence	Pourcentage
Faible quantité d'eau	24	42,86
Mauvaise distribution d'eau	21	37,50
Non aménagement des canaux d'irrigation	23	41,07
Paiement des frais d'irrigation même en cas de rupture d'eau	35	62,50
Concurrence sur l'eau	33	58,97
Rupture de l'eau	26	46,43

L'analyse des problèmes liés à l'irrigation indique 6 problèmes susmentionnés dans le tableau ci-haut. Sur 56 ménages irrigants, 42,86 % indiquent qu'il peut y avoir des moments où l'eau est en faible quantité. En plus, 37,50% révèlent qu'il y avait des moments où l'eau était mal distribuée au moment où 41,07% confirment le non-aménagement des canaux d'irrigation entraînant leur obstruction. De même, 62,50% indiquent que même pendant la rupture de l'eau, le payement des frais d'irrigation continue au cas où 58,97% arguent qu'il y a la concurrence de l'eau entre ceux de l'amont et ceux de l'aval. Enfin, 46,43% confirment que la rupture s'observe.

III.1.16. Systèmes culturaux

Le système de culture désigne les combinaisons culturales adoptées par les agriculteurs. Il s'agit plus précisément d'un ensemble d'itinéraires techniques appliquées à un certain nombre de cultures dans une exploitation donnée avec comme objectif l'obtention de rendements élevés de façon durable et reproductible. Ce système permet la conservation des eaux et des sols qui renferme l'ensemble des techniques utilisées par les agriculteurs pour gérer leur écosystème et aménager leurs espaces de production. Ces techniques leur permettent de mieux faire face aux impacts négatifs des changements environnementaux, notamment la sécheresse et la dégradation poussée des terres due aux changements climatiques.

Les pratiques culturales recensées (figure 3.16) sont la monoculture communément appelée culture en pure (seulement pour le riz), l'association des cultures (cultures intercalaires), rotation et assolement, la jachère (jachère améliorée), l'agroforesterie, le paillage, gestion du fumier, compostage, conservation de fourrage et utilisation des résidus de récolte, bandes enherbées, courbe de niveau, drains d'évacuation des eaux/Diguettes filtrantes, technique de zaï et le labour perpendiculaire à la pente. Toutes ces pratiques concourent à l'augmentation du rendement et à la conservation des eaux et des sols.

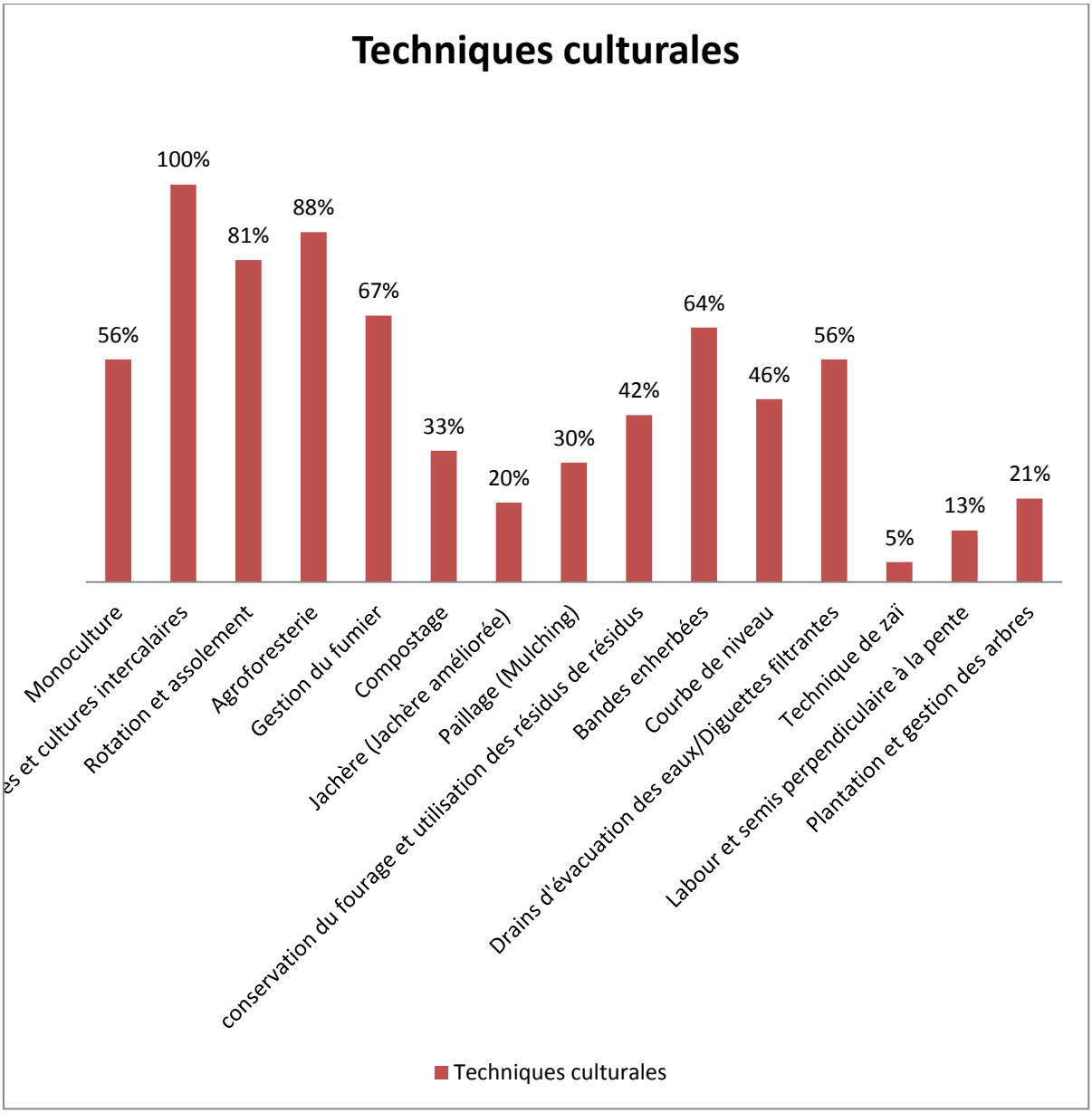


Figure 3. 16 : Répartition des ménages selon la technique culturale adoptée

L'analyse de la figure 3.16 montre que l'association des cultures est la pratique la plus fréquente. Elle est pratiquée par 100% des ménages de l'échantillon. Cette pratique ne date pas de nos jours car elle a été très tôt révélée par beaucoup d'auteurs (Agbo 1991 ; Senahoun 1994 ; Aho & Ouassa Kouaro 2006). Elle permet de lutter contre l'érosion, couvrir mieux le champ et protéger le sol contre le soleil. Elle limite également l'épuisement des organismes vivants des champs. Même si la plupart des enquêtés lient cette pratique à une situation de manque de terre pour la monoculture, plus de la moitié l'attachent à un souci de préservation de la sécurité alimentaire et nutritionnelle du ménage. En effet, les paysans seraient dans une politique de multiplication des chances de garantir un minimum de récolte en fin de saison.

« Si l'un échoue, l'autre peut réussir » est l'assertion qui symbolise la parfaite illustration de cette logique.

L'association des cultures est suivie par l'agroforesterie qui est pratiquée par 88% des ménages de l'échantillon. En effet, pour contrer le phénomène de verse des cultures qui devient récurrent du fait de la violence des vents, les pieds d'essences forestières sont plantés sur le périmètre des parcelles de culture et à l'intérieur. Les agriculteurs évoquent que cette pratique a pour intérêt :

- ✓ Servir de brise vent ;
- ✓ Constituer une réserve de bois pour la construction des habitations et la reconstruction de celles ayant fait objet de destruction ;
- ✓ Constituer un recours en cas de difficulté financière (dépense de scolarisation, de santé…) ;
- ✓ Assurer la fertilisation et la conservation du sol.

En troisième lieu vient la rotation et assolement qui est pratiquée par 81% des ménages de l'échantillon. Ce système permet l'utilisation rationnelle des éléments fertilisants du sol par les plantes successives.

La gestion du fumier est pratiquée par 67% des ménages de l'échantillon. Les bandes enherbées, les drains d'évacuation des eaux et la monoculture sont pratiquées respectivement par 64%, 56% et 56% des ménages de l'échantillon et surtout les ménages riziculteurs. Les courbes de niveau, la conservation de fourrage et utilisation des résidus de récolte, le compostage, le paillage (mulching), la plantation et gestion d'arbres, la jachère (jachère améliorée), le labour et semis perpendiculaire à la pente et la technique de zaï sont pratiqués par 56%, 46%, 42%, 33%, 30%, 21%, 20%, 13% et 5% des ménages de l'échantillon respectivement. Les bandes enherbées, les drains d'évacuation, les courbes de niveau, le paillage et la technique de zaï sont des techniques qui permettent de conserver l'eau et le sol. Ces techniques permettent de mieux faire face aux impacts négatifs des changements environnementaux, notamment la sécheresse et la dégradation poussée des terres due aux changements climatiques.

Le zaï : C'est une technique de récupération des terrains encroûtés qui consiste à creuser des trous de 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur afin de recueillir les eaux de ruissellement et de les laisser s'infiltrer. Le déblai est déposé en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les paysans sous forme de fumier ou de compost, avant la période de semis (Reij *et al.* 1996). On distingue deux variantes de la technique (zaï agricole et zaï forestier). Les avantages du zaï sont principalement : la capture des eaux de ruissellement et de pluie, la préservation des

semences et de la matière organique, la concentration de la fertilité et des eaux disponibles au début de la saison des pluies et partant, une augmentation de la production agricole. Dans la zone d'étude la technique de zaï se rencontre dans les bananeraies.

Ces stratégies sont développées par les populations rurales en réaction à l'évolution récente du climat. Elles visent l'accroissement ou le maintien tout au moins du niveau de production et de productivité actuel. Il est très important de préciser que l'ensemble de ces stratégies évoquées dans cette partie de l'étude n'était pas au départ pour des buts de lutte contre les changements climatiques. C'est plutôt l'ensemble des problèmes et contraintes qui touchent les moyens et les modes d'existence, au nombre desquels les variabilités et changements climatiques. Ainsi, faudrait-il comprendre que les bouleversements climatiques n'ont fait qu'accentuer le développement de ces pratiques et les innovations dans la prise de ces mesures de recherche d'un mieux-être.

III.1.17. Analyse du revenu dans la zone d'étude

Hicks (1946) définit le revenu comme étant la valeur maximum qu'une personne peut affecter à sa consommation pendant une période donnée tout en se retrouvant dans la même situation financière à la fin de ladite période qu'au début de celle-ci. Les ménages ruraux ont principalement deux sources de revenu : le revenu agricole et le revenu extra-agricole**.** Par la présente étude, nous avons totalisé tous les revenus issus des différentes sources qui rentrent dans le ménage par an (année de référence est 2020). Le tableau 3.6 décrit le revenu dans la zone d'étude.

Tableau 3. 6 : Statistiques de base sur le revenu total (en BIF) en 2020

Statistiques de base	**Revenu total en BIF**
Moyenne	3637032
Minimum	663500
Maximum	22970000
Médiane	2611600
Ecart-type	3168954
Intervalle de confiance	[3119457 ─ 4712259]
Coefficient de skewness	2,811
Significativité de skewness	0,0000

L'analyse des résultats de ce tableau montre que si on veut attribuer équitablement le revenu aux ménages, chacun aurait le revenu moyen de 3 637 032 BIF. La valeur de la médiane est 2

611 600 BIF et se situe dans l'intervalle de confiance de la moyenne. Donc la médiane est statistiquement équivalente à la moyenne. Cela signifie que la majorité des ménages ont un revenu total qui gravite autour de la moyenne. En moyenne, la différence d'un revenu total entre un ménage et un autre est de 3 168 954 (écart type). La valeur de Skewness (2,811) est supérieure à 0. Cela veut dire que la majorité des ménages ont des revenus se trouvant dans la partie inférieure à la moyenne (3 637 032 BIF). La figure 3.17 montre la distribution de revenu dans la zone d'étude.

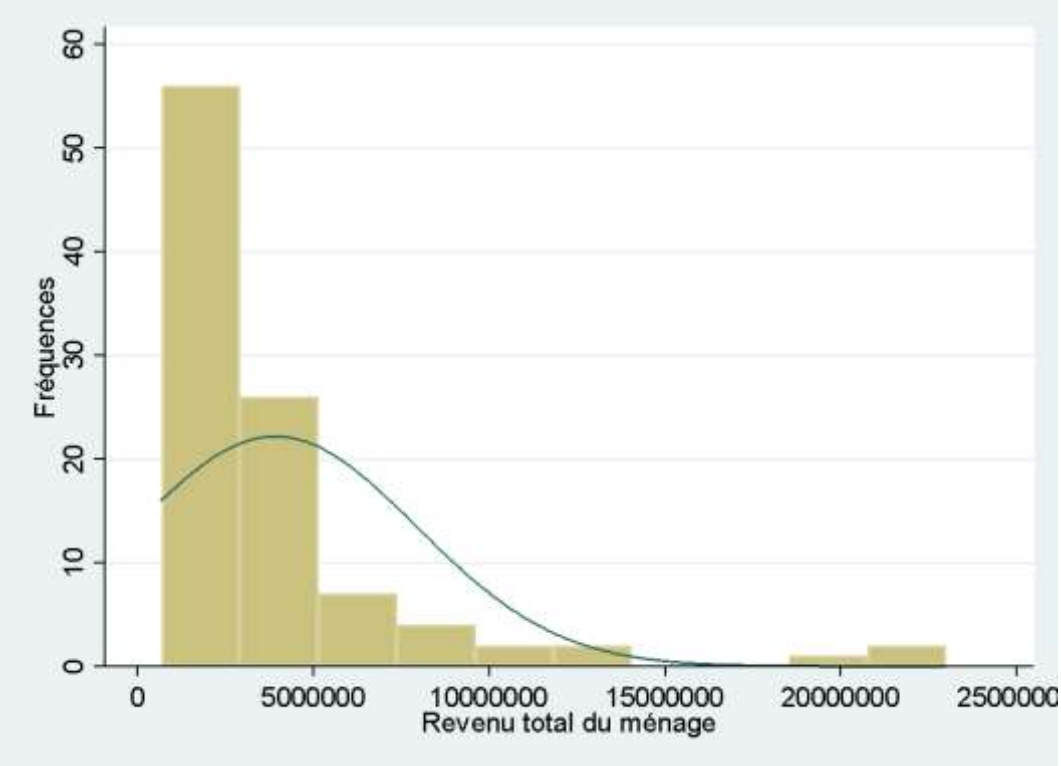


Figure 3. 17 : Histogramme de distribution du revenu

Le test de skweness confirme que la distribution du revenu ne suit pas la loi normale (p-valeur inférieur à 0.05).

III.2. EFFET DE L'IRRIGATION SUR LA VIE SOCIO-ECONOMIQUE

III.2.1. Effet de l'irrigation sur la santé

a. Accès aux soins de santé

L'accès aux soins de santé est la facilité plus ou moins grande avec laquelle une population peut s'adresser aux services de santé dont elle a besoin. L'accès est lié à la présence (ou l'absence) potentielle des barrières économiques, physiques, culturelles, géographiques ou autres lors de l'utilisation de ces services (OMS 2008).

Par la présente étude, nous examinons à quel degré cet accès est influencé par la pratique d'irrigation. La figure 3.18 montre la répartition des ménages selon l'accès aux soins de santé.

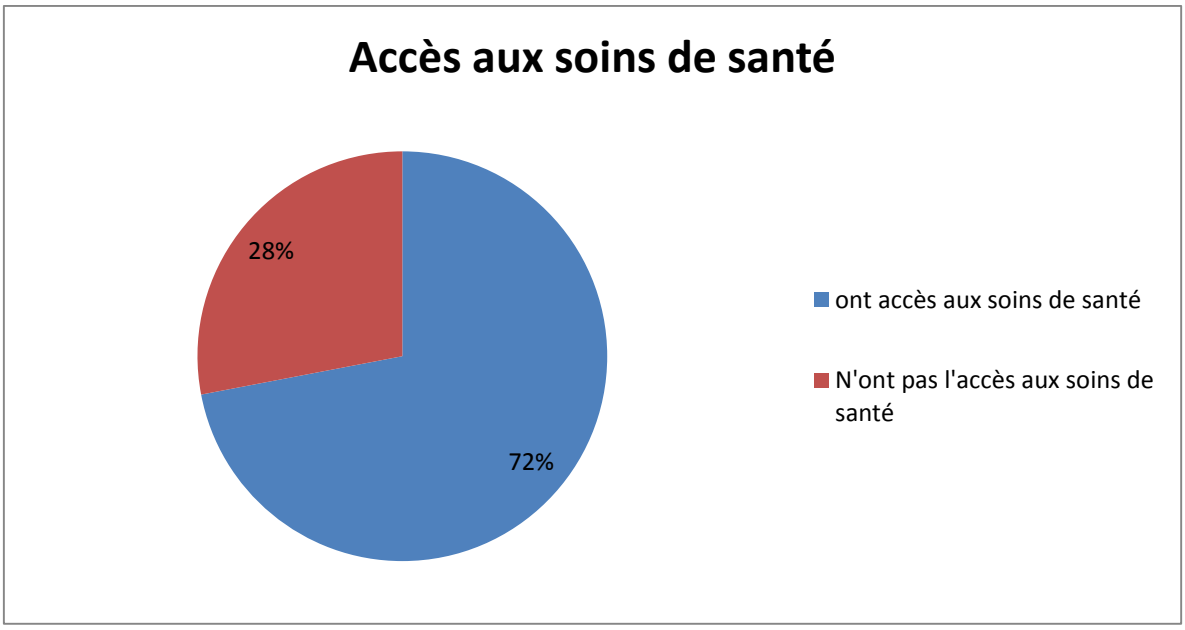


Figure 3. 18 : Répartition des ménages selon l'accès aux soins de santé

Dans la zone d'étude, 72% des ménages de l'échantillon ont confirmé qu'ils ont l'accès aux soins de santé.

- **Fréquence d'accès aux soins de santé selon l'adoption de l'irrigation**

Le tableau 3.7 montre la fréquence d'accès aux soins de santé par les ménages selon l'adoption de l'irrigation agricole.

Tableau 3. 7 : Fréquence d'accès aux soins de santé selon l'adoption de l'irrigation

Accès aux soins de santé		Irrigation agricole		Total
		N'ont pas adopté	Ont adopté	
N'ont pas accès	Fréquence	17	11	28
	Pourcentage	60,71	39,29	100
Ont accès	Fréquence	27	45	72
	Pourcentage	37,50	62,50	100
Total	Fréquence	44	56	100
	Pourcentage	44.00	56.00	100

Le tableau 3.7 est un tableau croisé entre l'accès aux soins de santé et la pratique d'irrigation. L'analyse de ce tableau se fait en ligne. Ainsi, en analysant les résultats de ce tableau, sur 28 ménages qui n'ont pas l'accès aux soins de santé, 60,71% sont ceux qui ne pratiquent pas l'irrigation des cultures contre 32,29% qui pratiquent l'irrigation. Parmi les 72 ménages qui ont accès aux soins de santé, 62,50% pratiquent l'irrigation des cultures et 37,50% ne la pratiquent pas.

- **Contribution de l'irrigation sur l'accès aux soins de santé**

Le tableau 3.8 montre le niveau d'influence de l'irrigation sur l'accès aux soins de santé.

Tableau 3. 8 : Degré de contribution de l'irrigation sur l'accès aux soins de santé

L'irrigation agricole	Odds ratio	Chi2	P-valeur (pour le test chi-deux)	Intervalle de confiance (à 95%)
Ne pratiquent pas	1	-	-	-
Pratiquent	2,576	4,37	0,037	[1,025 6,470]

Le test khi-deux est significatif (P-valeur = 0,036). Cela implique que l'irrigation influence l'accès aux soins de santé. Les résultats de ce tableau montrent que ceux qui possèdent le périmètre irrigué ont 2,576 fois plus de chance d'avoir l'accès aux soins de santé par rapport à ceux qui ne le possèdent pas. Cette chance est statistiquement significative au seuil de 5% et varie de 1,025 à 6,470.

b. Possession de la carte mutuelle

La carte mutuelle permet de prendre en charge certaines dépenses de santé dans la limite des garanties souscrites dans le contrat de santé. Cependant dans la zone d'étude certains ménages ne possèdent pas cette carte malgré ses multiples avantages (figure 3.19).

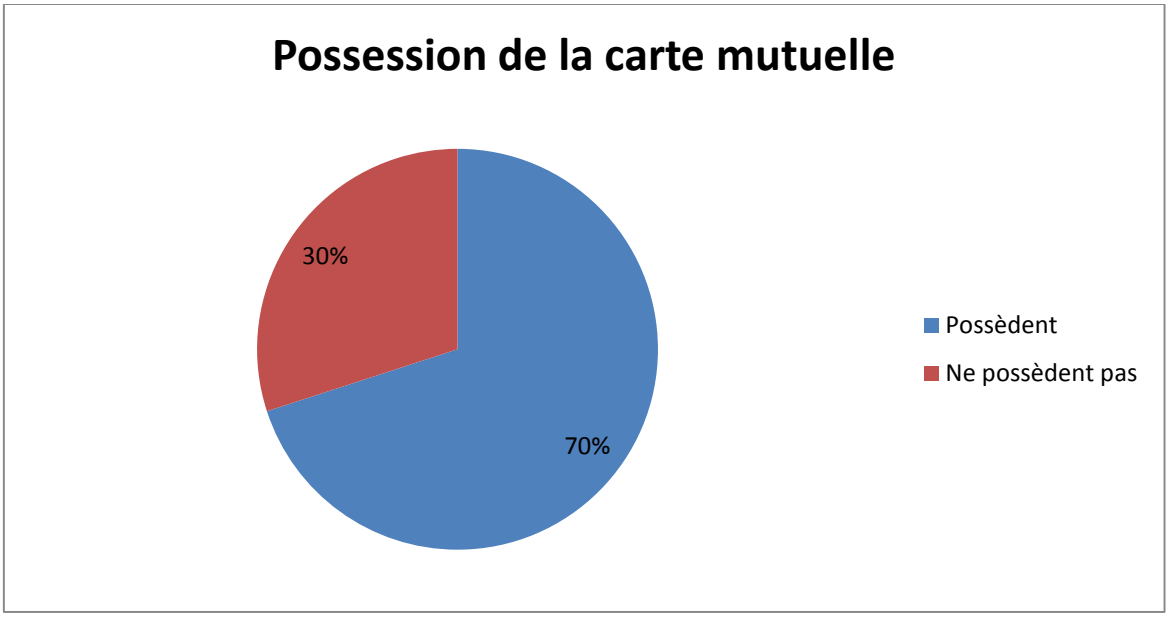


Figure 3. 19 : Répartition des ménages selon la possession de la carte mutuelle

L'analyse de la figure 3.19 montre que 70% des ménages de l'échantillon possèdent la carte mutuelle.

- **Fréquences des ménages selon la possession de la carte mutuelle**

Le tableau 3.9 montre les fréquences de possession de la carte mutuelle en fonction de la pratique de l'irrigation agricole.

Tableau 3. 9 : Tableau croisé entre la possession de la carte mutuelle et la pratique d'irrigation

Possession de la carte mutuelle		Irrigation agricole		Total
		Ne pratiquent pas	Pratiquent	
Ne possèdent pas	Fréquence	17	13	30
	Pourcentage	56,67	43,33	100
Possèdent	Fréquence	27	43	70
	Pourcentage	38,57	61,43	100
Total	Fréquence	44	56	100
	Pourcentage	44	56	100

L'analyse des résultats de ce tableau montre que parmi les 30 ménages qui ne possèdent pas la carte mutuelle, 56,67% ne pratiquent pas l'irrigation tandis que 43,33% pratiquent l'irrigation. Parmi 70 ménages qui possèdent la carte mutuelle, 61,43% pratiquent l'irrigation et 38,57% ne pratiquent pas l'irrigation. De ces analyses, nous constatons que la majorité de ceux qui pratiquent l'irrigation possèdent la carte mutuelle. Le test de chi-deux (p-valeur = 0,095) montre que l'irrigation influence faiblement la possession de la carte mutuelle.

- **Contribution de l'irrigation agricole sur la possession de la carte mutuelle**

Le tableau 3.10 montre la contribution de l'irrigation agricole sur la possession de la carte mutuelle.

Tableau 3. 10 : Contribution de l'irrigation sur la possession de la carte mutuelle

L'irrigation agricole	Odds ratio	Chi2	P-valeur (pour le test chi-deux)	Intervalle de confiance (à 95%)
Ne pratiquent pas	1	-	-	-
Pratiquent	2,08	2,76	0,09	[0,86 – 5,04]

L'analyse des résultats de ce tableau montre que les ménages qui pratiquent l'irrigation agricole ont 2,08 fois plus de chance d'avoir une carte mutuelle par rapport aux ménages qui ne la pratiquent pas.

III.2.2. Effet de l'irrigation sur la scolarité

Au Burundi, la scolarisation des enfants a fortement augmenté ces dernières années grâce à la politique de gratuité de l'enseignement primaire depuis 2005. Malgré cette politique, les parents ont tendance à retirer leurs enfants de l'école pour aider dans les tâches ménagères ou pour le travail saisonnier dans les pays voisins, afin de les aider à faire face à la pauvreté croissante. Du même point de vue, les grossesses précoces, la violence à l'école et la mauvaise qualité de l'éducation renforcent davantage l'abandon scolaire chez les adolescents[3].

[3] . https://www.unicef.org/burundi/fr, visité le 29 décembre 2021

a. Nombre d'enfants scolarisés

Le tableau 3.11 décrit le nombre la situation de la scolarité dans la zone d'étude.

Tableau 3. 11 : Statistiques descriptives sur le nombre d'enfants scolarisés

Moyenne	Médiane	Min	Max	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
2,17	2	0	7	1,73	[1,827 2,513]	0,38	0,105

Si on veut attribuer le même nombre d'enfants scolarisés à chaque ménage, chacun aurait 2 enfants (μ=2,17). La médiane (Me=2) se situe dans l'intervalle de confiance de la moyenne. Donc la médiane est statistiquement équivalente à la moyenne. Cela signifie que la majorité des ménages ont un nombre d'enfants qui sont au banc de l'école qui gravite autour de la moyenne (μ=2,17). En moyenne la différence d'enfant scolarisé entre un ménage et un autre est à peu près 2 (écart type). La valeur de Skewness (0,38) est supérieure à 0. Cela veut dire que la majorité des ménages ont un nombre d'enfants scolarisés se trouvant dans la partie inférieure à la moyenne.

- **Comparaison des statistiques descriptives selon l'adoption ou non de l'irrigation agricole**

Le tableau 3.13 montre les statistiques de base sur le nombre d'enfants scolarisés selon la pratique d'irrigation

Tableau 3.13 : Statistiques descriptives sur le nombre d'enfants scolarisés selon le type de ménage

	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
Pour les irrigants	2,71	3	1,66	[2,25 − 3,18]	0,08	0,78
Pour les non-irrigants	1,48	1,5	1,95	[1,05 − 1,90]	0,63	0,06

Pour les irrigants, la moyenne d'enfants scolarisés est d'nviron 3 alors que pour ceux qui n'irriguent pas la moyenne d'enfants scolarisés est environ égale à d'environ 2. Pour les deux catégories de ménages, les médianes sont statistiquement égales à la moyenne et le test de Skewness montre que pour les irrigants, la majorité est supérieure à la moyenne mais pour les non-irrigants la majorité est inférieure à la moyenne.

- **Moyenne du nombre d'enfants scolarisés selon la pratique d'irrigation**

La moyenne d'enfants scolarisés est environ 3 pour les irrigants tandis que pour ceux qui n'irriguent pas la moyenne est d'environ 2. Ces résultats sont illustrés par la figure suivante.

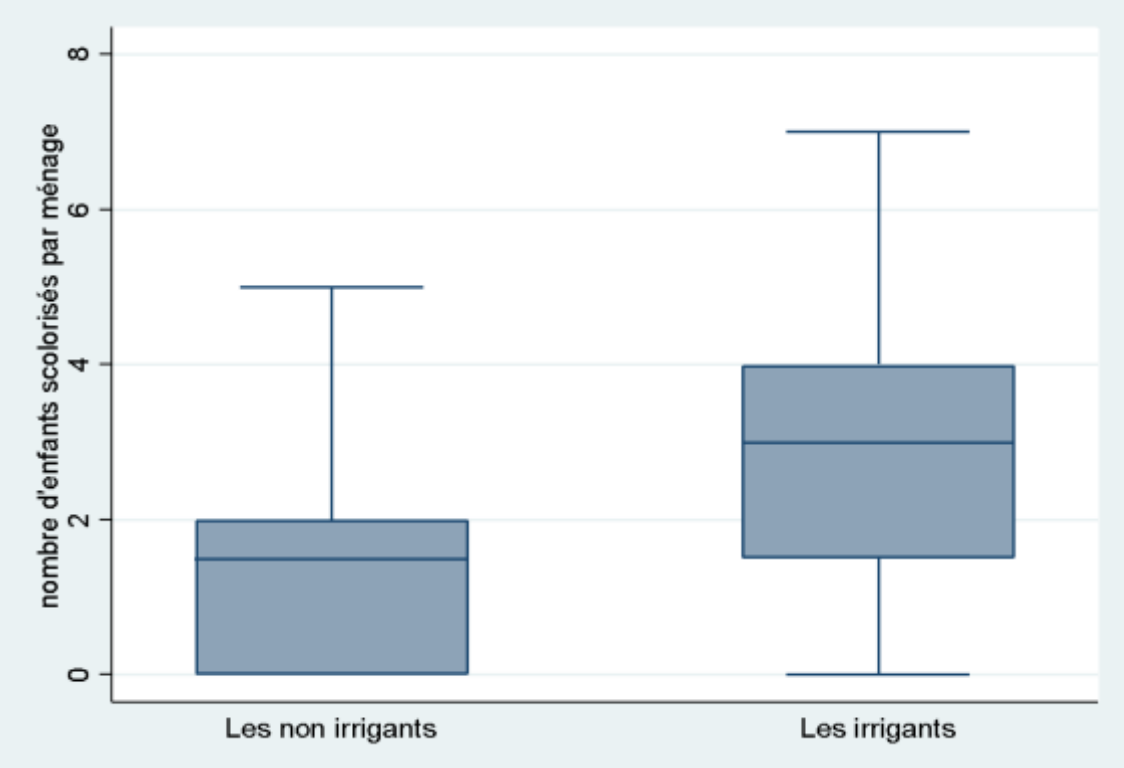


Figure 3. 20 : Nombre d'enfants scolarisés selon la pratique d'irrigation

- **Analyse de la variance**

Le tableau 3.12 montre les résultats d'analyse de la variance pour mettre en évidence l'influence de l'irrigation agricole sur la scolarité.

Tableau 3. 12 Analyse de la variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Expliqué	37,70	1	37,70	14,30	0,0003
Résidu	258,40	98	2,64		
Total	296,11	99	2,99		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 2,177 Prob>chi2 = 0,14					

D'après le test d'ANOVA, au seuil de 5% voire même au seuil de 1%, le nombre moyen d'enfants qui sont au banc de l'école entre les ménages qui irriguent et ceux qui n'irriguent pas est statistiquement différent. En conclusion, l'irrigation influence le nombre d'enfants qui sont au banc de l'école**.** Quant au test de bonferroni, il montre qu'en moyenne les irrigants ont 1 enfant scolarisé de plus par rapport à ceux qui n'irriguent pas et cette différence est significative (P-valeur=0,000).

Par ailleurs, le test de Bartlett montre que les écarts entre les catégories de ménages selon que le ménage irrigue ou pas sont statistiquement les mêmes au seuil de 5%.

b. Abandon scolaire

Avant de montrer l'influence de l'irrigation sur la déscolarisation d'enfants dans la zone d'étude, nous montrons la situation de la déscolarisation dans la zone d'étude (Figure 3.23).

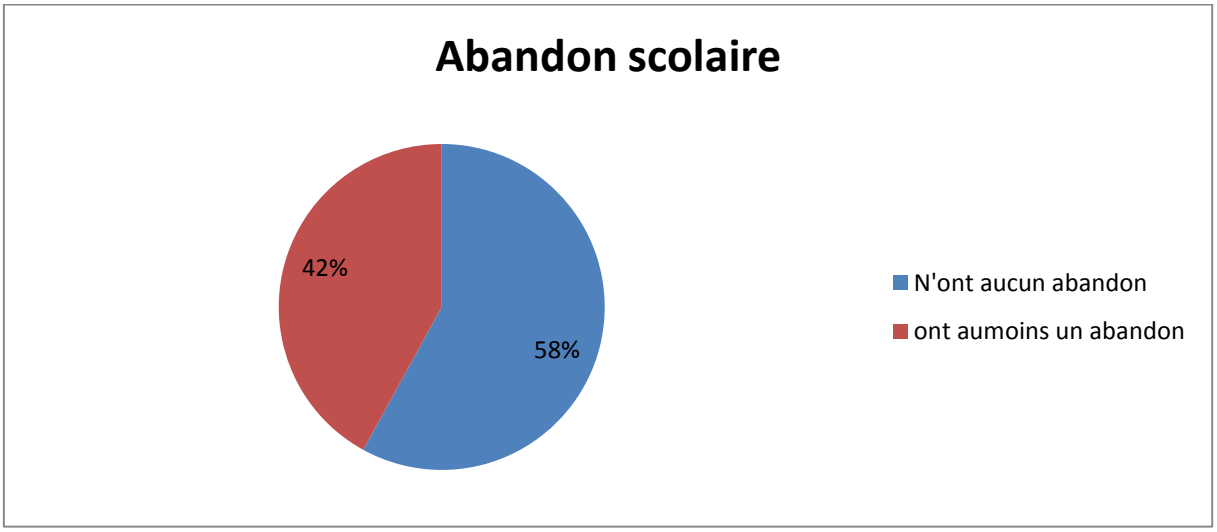


Figure 3. 21 : Répartition des ménages selon que le ménage a déscolarisé au moins un enfant ces cinq (5) dernières années pour des raisons financières

L'analyse de la figure 3.21 montre que dans la zone d'étude, 58% des ménages de l'échantillon ont au moins un enfant déscolarisé tandis que 42% n'ont aucun abandon. Ces ménages soulignent que la plupart des cas de déscolarisation s'observe au cours des années de mauvaise récolte due à la sécheresse et/ou à l'irrégularité de pluie.

- **Influence de l'irrigation sur la déscolarisation**

Le tableau suivant montre les fréquences de l'abandon scolaire dans les deux catégories de ménage.

Tableau 3. 13 : Tableau croisé entre l'irrigation agricole et l'abandon scolaire

Abandon scolaire		L'irrigation agricole		Total
		Ne pratiquent pas	Pratiquent	
N'ont aucun abandon	Fréquence	15	43	58
	Pourcentage	25,86	74,14	100,00
Ont au moins un abandon	Fréquence	29	13	42
	Pourcentage	69,05	30,95	100,00
Total	Fréquence	44	56	100
	Pourcentage	44,00	56,00	100,00
Pearson chi2(1) = 18,4380 Pr = 0,000				

L'analyse de ce tableau montre que sur 58 ménages de l'échantillon qui n'ont aucun abandon de l'école, la majorité soit 74,14% sont des ménages irrigants tandis que 25,86% sont des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation. Sur 42 ménages de l'échantillon qui ont au moins un abandon de l'école, la majorité soit 69,05% sont ceux qui n'irriguent pas tandis que 30,95% sont des ménages irrigants.

De plus, le test chi-deux est significatif au seuil de 1% donc l'irrigation influence la diminution de l'abandon scolaire.

- **Contribution de l'irrigation sur la déscolarisation**

Le tableau suivant montre à quel degré l'irrigation agricole contribue dans la diminution de l'abandon scolaire dans la zone d'étude.

Tableau 3. 14 : Contribution de l'irrigation sur diminution de l'abandon scolaire

Irrigation agricole	Odds ratio	Chi2	P-valeur (pour le test chi-deux)	Intervalle de confiance (à 95%)
Ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation	1,000	.	.	.
Ménages qui pratiquent l'irrigation	0,16	18,25	0,000	[0,06 0,42]

L'analyse des résultats de ce tableau montre que les ménages irrigants ont 0,16 fois plus de chance de n'avoir aucun abandon par rapport aux ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation.
En tenant compte des analyses sur l'impact de l'irrigation sur le nombre d'enfants scolarisés et l'effet de l'irrigation sur l'abandon scolaire, nous concluons que l'irrigation a un impact positif sur la scolarité.

III.2.3. Effet de l'irrigation sur la possession de moyen de transport (déplacement)

Dans la zone d'étude, 49% des ménages de l'échantillon n'ont pas de moyens de transport, 43% ont des vélos, 5% ont des motos et 3% ont à la fois des vélos et motos. Le tableau 3.17 montre les fréquences des moyens de transport dans les ménages de l'échantillon.

Tableau 3. 15 : Contribution de l'irrigation sur la possession du moyen de transport

Moyen de transport (déplacement)		Irrigation agricole		Total
		Ne pratiquent pas	Pratiquent	
Sans	Fréquence	25	24	49
	Pourcentage	51,02	48,98	100,00
Vélo	Fréquence	16	27	43
	Pourcentage	69,05	30,95	100,00
Moto	Fréquence	3	2	5
	Pourcentage	60,00	40,00	100,00
Vélo et moto	Fréquence	0	3	3
	Pourcentage	0,00	100,00	100,00
Total	Fréquence	44	56	100
	Pourcentage	44,00	56,00	100,00
Pearson chi2(3) = 4,661 Pr = 0,198				

L'analyse du tableau 3.15 montre que parmi les 49 ménages sans moyen de transport(ou de déplacement), 51,02% ne pratiquent pas l'irrigation agricole et 48,98% pratiquent l'irrigation. Parmi les 43 ménages qui possèdent des vélos seulement, 69,05% ne pratiquent pas l'irrigation agricole et 30,95% pratiquent l'irrigation agricole. Parmi les 5 ménages qui possèdent des motos seulement, 60% ne pratiquent pas l'irrigation et 40% pratiquent l'irrigation et les 3 ménages qui possèdent à la fois des motos et vélos sont des ménages irrigants. L'enquête a montré que la majorité de ceux qui ont des vélos font le déplacement des personnes et des biens (taxi-vélo) et il en de même pour les motos. Donc ce sont des outils de travail. Le test de khi-deux montre que l'irrigation agricole n'influence pas la possession de moyen de transport (ou de déplacement).

III.2.4. Effet de l'irrigation agricole sur l'état des maisons

- **Toiture, mur et parterre**

L'enquête a montré que, en ce qui concerne la toiture ; 85% des ménages de l'échantillon ont des maisons en tôles, 7% ont des maisons en tuiles et 8% ont des maisons en pailles ou chaumes. En ce qui concerne le mur, 87% ont des maisons en briques adobes, 9% ont des maisons en bois et boue et 4% ont des maisons en briques cuites pendant que le parterre est constitué par le ciment à 36% et la terre à 64%.

Le test chi-deux (p-valeur = 0,546) montre que l'irrigation agricole n'influence pas la toiture des maisons. Il en est de même pour le mur des maisons (P-valeur = 0,161). A contrario, l'irrigation agricole influence positivement le parterre des maisons. Ce cela s'explique par le fait que, dans la zone d'étude, l'habitude est de construire les maisons en tôles et briques adobes peu importe la situation économique du ménage.

- **Influence de l'irrigation agricole sur le parterre des maisons**

Le tableau 3.16 montre les fréquences du type de parterre selon les catégories de ménages.

Tableau 3. 16 : contribution de l'irrigation agricole sur le parterre des maisons

Parterre des maisons		L'irrigation agricole		Total
		Ne pratiquent pas	Pratiquent	
Ciment	Fréquence	9	27	36
	Pourcentage	25,00	75,00	100,00
Terre	Fréquence	35	29	64
	Pourcentage	54,69	45,31	100,00
Total	Fréquence	44	56	100
	Pourcentage	44,00	56,00	100,00
Pearson chi2(1) = 8,241 Pr = 0,004				

L'analyse des résultats de ce tableau montre que sur 36 ménages de l'échantillon qui ont des maisons dont le parterre est cimenté, 75% pratiquent l'irrigation agricole et 25% ne le fait pas. Sur 64 ménages qui ont des maisons dont le parterre est terre, 54,69% ne pratiquent pas l'irrigation agricole et 45,51% pratiquent l'irrigation. Le test chi-deux est significatif au seuil de 5% ce qui implique que l'irrigation influence le parterre des maisons.

III.2.5. Effet de l'irrigation agricole sur l'élevage

Dans la zone d'étude, 76% des ménages de l'échantillon ont des animaux d'élevage. Parmi eux, 25% ont des vaches, 47% ont des chèvres, 3% ont des moutons, 30% ont des porcs, 46% ont des volailles, 17% ont des lapins et 6% ont des cobayes.

- Fréquence d'animaux que la catégorie du ménage

Le tableau 3.17 montre les fréquences d'animaux dans les deux catégories de ménages.

Tableau 3. 17 : Fréquence d'animaux que la catégorie du ménage

Animaux d'élevage		L'irrigation agricole		Total
		Ne pratiquent pas	Pratiquent	
Ne possèdent pas	Fréquence	17	7	24
	Pourcentage	70,83	29,17	100,00
Possèdent	Fréquence	27	49	76
	Pourcentage	35,53	64,47	100,00
Total	Fréquence	44	56	100
	Pourcentage	44,00	56,00	100,00
Pearson chi2(1) = 9,228 Pr = 0,002				

L'analyse de ce tableau montre que sur 76 ménages qui possèdent des animaux d'élevage, 64,47% sont des ménages qui pratiquent l'irrigation agricole et 35,53% ne pratiquent pas l'irrigation agricole. Sur 24 ménages qui ne possèdent pas d'animaux d'élevage, 70,83% ne pratiquent pas l'irrigation agricole et 29,17% pratiquent l'irrigation agricole. D'après le test chi-deux, au seuil de 5%, l'irrigation agricole influence l'élevage dans les ménages.

- **Degré de contribution de l'irrigation agricole sur la pratique de l'élevage**

Le tableau 3.18 montre à quel degré l'irrigation agricole contribue dans la pratique d'élevage dans la zone d'étude.

Tableau 3. 18 : Degré de contribution de l'irrigation agricole sur la pratique de l'élevage

L'irrigation agricole	Odds ratio	Chi2	P-valeur (pour le test chi-deux)	Intervalle de confiance (à 95%)
Ménages qui n'irriguent pas	1,000000	-	-	-
Ménages irrigants	4,407	9,14	0.0025	[1,54 − 12,63]

L'analyse des résultats de ce tableau montre que les ménages qui pratiquent l'irrigation agricole ont 4,407 fois plus de chance d'avoir des animaux d'élevage par rapport aux ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole et cette chance est significative au seuil de 5%.

En conclusion, dans l'ensemble, l'irrigation agricole a un effet positif sur la pratique d'élevage dans les ménages de l'échantillon. D'une façon spécifique, le test chi-deux montre que l'irrigation agricole influence l'élevage des vaches (Pr = 0,001), des chèvres (Pr = 0,022) et des volailles (Pr = 0,012).

III.2.6. Effet de l'irrigation sur le revenu des ménages

Le revenu des ménages est constitué par le revenu agricole et le revenu non agricole qui est constitué par le revenu provenant de tous les autres secteurs. L'analyse descriptive a montré que le revenu moyen est 3 637 032 BIF et que la majorité des ménages de l'échantillon ont des revenus inférieurs au revenu moyen. La présente étude vise à comparer les revenus des ménages irrigants à ceux des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation (tableau 3.19).

Tableau 3. 19 : Statistiques descriptives sur le revenu total selon la catégorie des ménages

	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
Les irrigants	5212063	3903750	4424840	4038807 6385318	2,334	0,000
Les non irrigants	2266143	1916450	2659597	1470573 3061714	5.352	0,000

L'analyse de ce tableau montre que ;

- ✓ Pour les ménages qui pratiquent l'irrigation, on veut attribuer équitablement le revenu à chaque ménage irrigant, chacun aurait 5 212 063 BIF (μ=5 212 063 BIF). La médiane (Me=3 903 750 BIF) se situe dans l'intervalle de confiance de la moyenne. Donc la médiane est statistiquement équivalente à la moyenne. Cela signifie que la majorité des ménages irrigants ont des revenus qui gravitent autour de la moyenne. En moyenne la différence de revenu entre un ménage et un autre est de 4 424 840 BIF (écart type).
- ✓ La valeur de Skewness (2,334) est supérieure à 0. Cela veut dire que la majorité des ménages ont des revenus se trouvant dans la partie inférieure à la moyenne. Pour les ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation, si on veut attribuer équitablement le revenu à chaque ménage qui ne pratique pas l'irrigation, chacun aurait 2 266 143 BIF (μ=.2 266 143 BIF). La médiane (Me=1 916 450 BIF) se situe dans l'intervalle de confiance de la moyenne. Donc la médiane est statistiquement équivalente à la moyenne. Cela signifie que la majorité des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation, ont des revenus qui gravitent autour de la moyenne. En moyenne la différence de revenu entre un ménage et un autre est de 2 659 597 BIF (écart type). La valeur de Skewness (5,352) est supérieure à 0. Cela veut dire que la majorité des ménages ont des revenus se trouvant dans la partie inférieure à la moyenne.

- **Analyse de la variance**

Le tableau 3.20 met en évidence la différence de revenu entre les deux catégories de ménages.

Tableau 3. 20 : Analyse de la variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	2,14e+14	1	2,14e+14	15,17	0,0002
Intragroupe	1,38e+15	98	1,41e+13		
Total	1,59e+15	99	1,61e+13		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 11,43 Prob>chi2 = 0,001					

D'après le test d'ANOVA, au seuil de 5% voire au seuil de 1%, la moyenne des revenus des ménages irrigants et la moyenne des revenus des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole sont statistiquement très différentes. Tandis que, le test de Bartlett montre que les écarts entre les deux catégories de ménages sont statistiquement différents.

Le test de bonferroni montre que les ménages qui pratiquent l'irrigation agricole ont en moyenne $2{,}9.10^6$ BIF de plus sur le revenu annuel que les ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole et cette différence est significative (p-valeur=0,000). En conclusion, l'irrigation agricole a une influence positive sur le revenu des ménages.

- **Comparaison des revenus des ménages selon la pratique d'irrigation**

La moyenne de revenu est de 5 212 063 BIF pour les irrigants tandis que pour ceux qui n'irriguent pas la moyenne est 2 266 143 BIF. Ces résultats sont illustrés par la figure suivante.

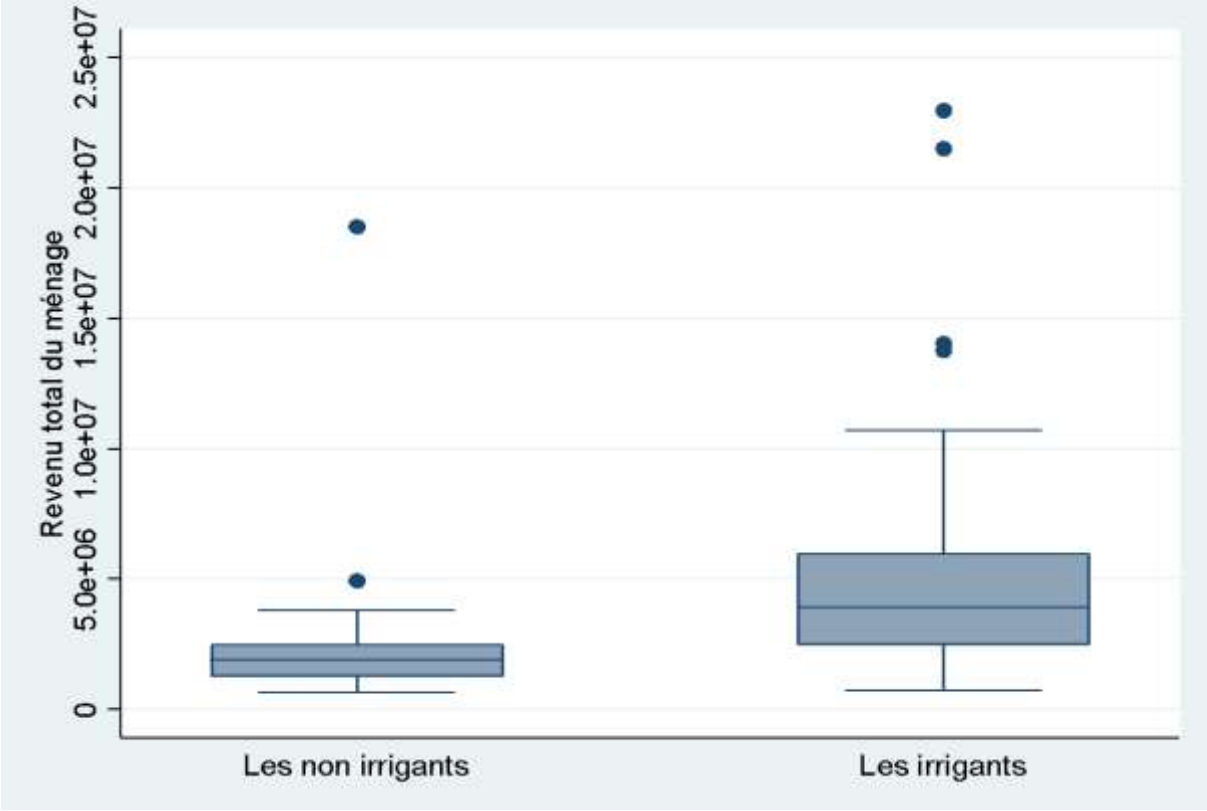


Figure 3. 23 : comparaison des revenus dans la zone d'étude selon l'irrigation agricole

Somme toute, bien que l'irrigation agricole n'influence pas la possession de moyen de transport ou déplacement et l'état des toitures et des murs des maisons dans la zone d'étude, nous

confirmons notre première hypothèse qui stipule que l'innovation agricole améliore la vie socio-économique des ménages.

Ces résultats attestent les résultats des études des autres auteurs. En Ouganda, les résultats de Kassie *et al.* (2011) ont montré un impact positif de l'adoption des variétés améliorées d'arachide sur les revenus nets et la réduction de la pauvreté. Au Sénégal, Blaise (2014) a trouvé que l'adoption de variétés améliorées contribue à augmenter les revenus. Au Burkina Faso, Yaro (2019) a montré que l'adoption des innovations conduit à une augmentation du statut socio-économique des ménages.

III.3. EFFET DE SEMIS EN LIGNE SUR LE RENDEMENT AGRICOLE

Dans cette partie nous avons fait une comparaison des rendements entre les adoptants et les non adoptants de semis en ligne. Nous avons également pris trois cultures comme cultures de référence.

III.3.1. Effet de semis en ligne sur le rendement de la culture du riz

Sur 100 ménages de l'échantillon, 56 ménages sont des riziculteurs. Parmi les 56 ménages riziculteurs, 43 ménages soit 76,79% font le semis en ligne. Les statistiques de base sur le rendement du riz dans la zone d'étude sont présentées dans le tableau 3.24.

Tableau 3. 21 : Statistiques descriptives sur le rendement du riz (en t/ha)

Moyenne	Médiane	Min	Max	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
7,43	6,73	3,33	12,7	2,89	[6,66 − 8,21]	1,22	0,0006

L'analyse des résultats de ce tableau montre que, d'une manière générale, dans la zone d'étude, le rendement moyen du riz par hectare est 7,43 t de riz paddy. La médiane (Me=6,73) est statistiquement égale à la moyenne. Donc dans la zone d'étude, la majorité des riziculteurs ont une production moyenne du riz qui tourne autour de 7,43 t mais la partie inférieure comme l'indique le test de skewness.

Le rendement des cultures est fonction de plusieurs facteurs. C'est ainsi que par la suite, nous allons pouvoir distinguer le rendement du riz selon la technique qu'empruntent les riziculteurs

pour faire le semis. Le tableau suivant décrit statistiquement les rendements dans les deux catégories de ménages.

Tableau 3. 22 : Statistique de base sur le rendement du riz (paddy) (en t/ha) par catégorie selon la technique de semis

Mode de semis du riziculteur	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
Semis en ligne	7,88	7	2,96	[6,97 8,78]	1,25	0,001
Pas de Semis en ligne	5,96	5,78	2,15	[4,77 7,15]	0,41	0,428

L'analyse de ce tableau montre que :

- ✓ Pour les ménages qui font le semis en ligne, le rendement moyen du riz est de 7,88 t/ha. La médiane (Me=7) se trouve dans l'intervalle de confiance, ce qui implique qu'elle est statistiquement égale à moyenne. La majorité des riziculteurs ont un rendement inférieur à la moyenne selon Skewness mais qui ne tourne pas autour de la moyenne.
- ✓ Pour les ménages riziculteurs qui ne font pas le semis en ligne, le rendement moyen est de 5,96 t/ha. La médiane se trouve dans l'intervalle de confiance, ce qui implique qu'elle est statistiquement égale à moyenne ; donc la majorité a une production qui tourne autour de la moyenne. Le coefficient de Skewness (supérieur à zéro) montre que la majorité des riziculteurs ont un rendement inférieur à la moyenne mais sa significativité ne la confirme pas.

Il est alors nécessaire de comparer ces deux rendements moyens pour pouvoir conclure qu'ils sont statistiquement différents. Pour cette fin, nous utilisons l'analyse de la variance que le tableau 3.25 nous montre les résultats.

Tableau 3. 23 : Analyse de la variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	36,67	1	36,67	4,67	0,0351
Intragroupe	423,57	54	7,84		
Total	460,24	55	8,37		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 1,65 Prob>chi2 = 0,2					

D'après ce test ANOVA, au seuil de 5%, la moyenne du rendement annuel du riz des ménages qui font le semis en ligne et la moyenne de rendement du riz des ménages qui ne font pas le semis en ligne sont statistiquement très différentes. Tandis que, le test de Bartlett montre que les écarts des rendements moyens entre les individus des deux catégories de ménages sont statistiquement égaux.

Le test de Bonferroni montre que les riziculteurs qui font le semis en ligne ont en moyenne 1,92 t/ha de plus sur le rendement de riz paddy que les riziculteurs qui ne font pas le semis en ligne et cette différence est significative (p-valeur = 0,035). Donc, le semis en ligne entraîne une amélioration du rendement de riz et par conséquent des effets positifs sur le revenu des ménages.

La figure suivante illustre cette différence en comparant les deux rendements moyens à l'aide des boîtes à moustache.

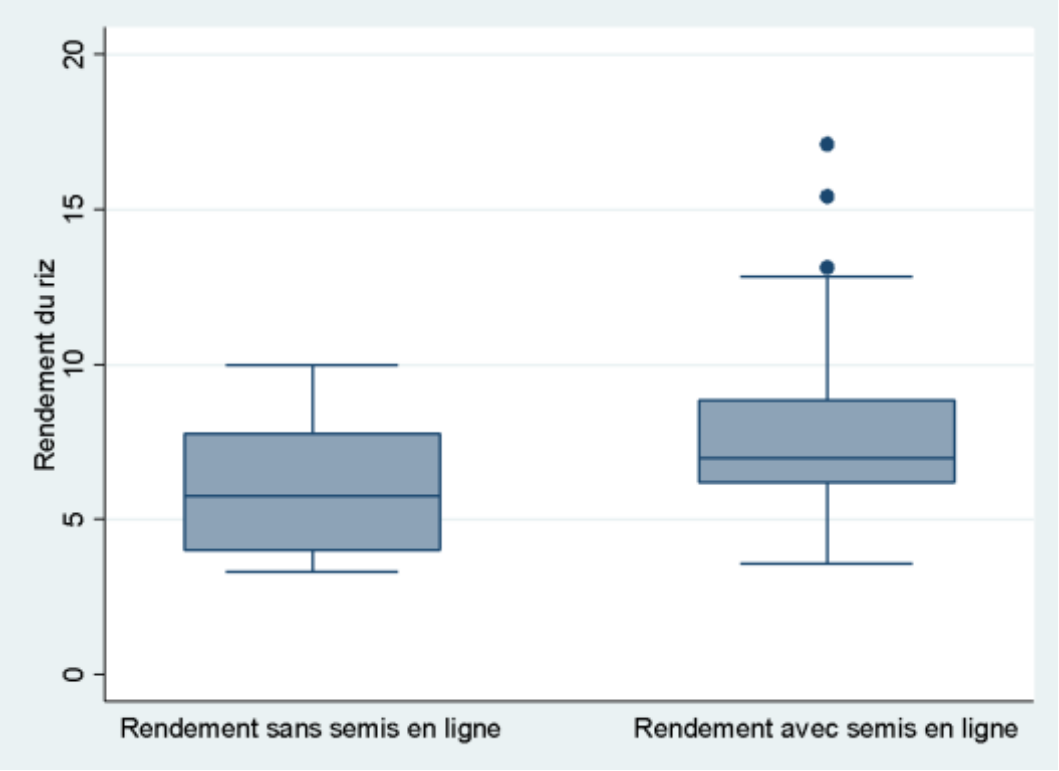


Figure 3. 22 : Comparaison des rendements moyens selon le type de semis

Ce résultat corrobore les conclusions de plusieurs auteurs. Mendola (2007) a trouvé que le rendement de riz de ceux qui adoptent la technologie nouvelle (innovation) est de 30% plus élevé que celui des autres producteurs. De même, Abdulai & Huffman (2014) ont révélé un impact positif de l'adoption des technologies de conservation du sol et de l'eau sur les revenus

nets et les rendements de riz au Ghana. En effet, ils ont trouvé un ETT de 26% sur le rendement et un ETT est de 16% sur le revenu.

III.3.2. Effet de semis en ligne sur le rendement de Haricot

Sur 100 ménages de l'échantillon, 59 ménages font le semis des haricots en ligne. D'une façon générale, le rendement moyen de haricot est de 2,122 t/ha par an. La présente étude vise à montrer la différence sur le rendement de haricot selon que le ménage fait ou pas le semis en ligne. Le tableau 3.26 montre les statistiques descriptives du rendement annuel de haricot des ménages en fonction des techniques de semis.

Tableau 3. 24 : Statistiques descriptives sur le rendement de haricot selon les types de ménages (en t/ha)

Mode de semis de haricot	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de Skewness	Significativité de Skewness
Semis en ligne	2,59	1,65	3,21	[1,75 ─ 3,426]	2,85	0,0000
Pas de Semis en ligne	1,48	0,45	1,96	[0,88 ─ 2,08]	1,74	0,0001

L'analyse du tableau 3.24 montre que les ménages qui font le semis en ligne ont un rendement moyen de 2,59 t/ha tandis que les ménages qui ne font pas le semis en ligne ont un rendement moyen de 1,48 t/ha. Dans les deux catégories de ménage, la médiane est statistiquement différente de la moyenne. Le coefficient de Skewness montre que, partout dans les deux catégories, la majorité des ménages ont des productions inférieures à la moyenne. Pour vérifier que ces moyennes sont statistiquement différentes, passons au test ANOVA (tableau 3.25).

Tableau 3. 25: Analyse de la variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	30,1	1	30,1	3,96	0,049
Intragroupe	745,57	98	7,61		
Total	775,67	99	7,84		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 10,52 Prob>chi2 = 0,001					

D'après le test d'ANOVA, au seuil de 5%, la moyenne de rendement annuel de haricot des ménages qui font le semis en ligne et la moyenne de rendement annuel de haricot des ménages qui ne font pas le semis en ligne sont statistiquement différentes. En plus, le test de Bartlett montre que les écarts entre les deux catégories de ménages sont statistiquement différents.

Le test de Bonferroni montre que les ménages qui font le semis en ligne ont en moyenne 1,12 t/ha de plus sur le rendement annuel que les ménages qui ne font pas le semis en ligne. Cette différence est statistiquement significative (p-valeur=0,00). Donc, le semis en ligne entraîne une amélioration du rendement de haricot et par conséquent des effets positifs sur le revenu des ménages.

III.3.3. Effet de semis en ligne sur la production de maïs

Sur 100 ménages de l'échantillon, 59 ménages font le semis de maïs en ligne. En moyenne, le rendement de maïs dans la zone d'étude est de 3,09 t/ha. Par la présente, nous comparons le rendement moyen des ménages qui font le semis en ligne à celui des ménages qui ne le font pas. Le tableau 3.28 montre les statistiques de base sur le rendement de maïs dans les deux catégories de ménages.

Tableau 3. 26 : Statistiques descriptives de rendement de maïs selon les types de ménages (en t/ha)

Mode de semis du riziculteur	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
Semis en ligne	4,01	2,13	4,70	[2,8 ─ 5,23]	2,15	0,000
Pas de Semis en ligne	1,75	0,56	3,53	[0,65 ─ 2,84]	3,96	0,000

L'analyse du tableau 3.26 montre que le rendement moyen de maïs dans les ménages qui font le semis en ligne (μ=4,01 t/ha) est de loin supérieur à celui des ménages qui ne font pas le semis en ligne (μ=1,75 t/ha). Partout dans les deux types de ménages, la majorité a un rendement qui ne tourne pas autour de la moyenne car la médiane se trouve dans l'intervalle de confiance mais Skewness montre que ça tourne dans la partie inférieure à la moyenne. Apparemment ces deux moyennes sont différentes mais il est impératif de passer par le test ANOVA (tableau 3.27) pour savoir si elles sont statistiquement différentes.

Tableau 3. 27 : Analyse de la variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	124,44	1	124,44	6,84	0,010
Intragroupe	1783,45	98	18,2		
Total	1907,9	99	19,28		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 3,66 Prob>chi2 = 0,045					

Le test d'ANOVA montre qu'au seuil de 5%, les deux moyennes sont statistiquement différentes et cette différence est significative. Tandis que, le test de Bartlett montre que les écarts entre les deux catégories de ménages sont statistiquement différents au seuil de 5%.

Le test de bonferroni montre que les ménages qui font le semis de maïs en ligne ont en moyenne 2,27 t/ha de plus sur le rendement que les ménages qui ne font pas le semis en ligne. Cette différence est significative (p-valeur=0,010).

Donc, le semis en ligne entraîne une amélioration sur le rendement et par conséquent des effets positifs sur le revenu des ménages. Sur terrain, nous avons constaté aussi que, ceux qui font le semis en ligne, utilisent également des variétés améliorées (maïs hybride). Cela justifie également cette différence de rendement.

Ce résultat corrobore les résultants de Bouréma *et al.* (2021) qui ont trouvé que l'adoption de l'innovation (adoption des variétés améliorées de maïs) entraîne une amélioration du rendement à l'hectare.

III.3.4. Effet des innovations sur le revenu agricole

Dans cette section, nous allons analyser l'influence de l'irrigation agricole et le semis en ligne sur le revenu agricole. L'impact de ces deux innovations devrait être mesuré sur le rendement agricole. Puisqu'il est impossible de combiner le rendement des différentes cultures, l'impact sera mesuré sur le revenu agricole qui est le meilleur proxy du rendement agricole. Avant de montrer l'impact de ces innovations, nous faisons l'étude détaillée sur le revenu agricole dans la zone d'étude (tableau 3.28).

Tableau 3. 28 : Statistiques descriptives du revenu agricole (en BIF)

Statistiques de base	**Revenu agricole en BIF**
Moyenne	3 343 878
Minimum	133 600
Maximum	2,29e+07
Médiane	1 991 500
Ecart type	3 936 308
Intervalle de confiance	[2562829 − 4124927]
Coefficient de skewness	2,86
Significativité de skewness	0,00

L'analyse du tableau 35 montre que le revenu total moyen des ménages de l'échantillon est de 3 343 878 BIF. Donc, si on pouvait attribuer un même revenu à tous les ménages de notre échantillon, chacun aurait 3 637 032 BIF. La valeur de la médiane est de 1 991 500 BIF, se ne situe pas dans l'intervalle de confiance de la moyenne, cela signifie que la majorité des ménages ont un revenu total qui ne gravite pas autour de la moyenne. En moyenne, l'écart d'un revenu total entre un ménage et un autre est de 3 936 308. La valeur de Skewness (2,86) est supérieure à 0 cela veut dire que la majorité des ménages ont des revenus se trouvant dans la partie inférieure à la moyenne (3 343 878 BIF).

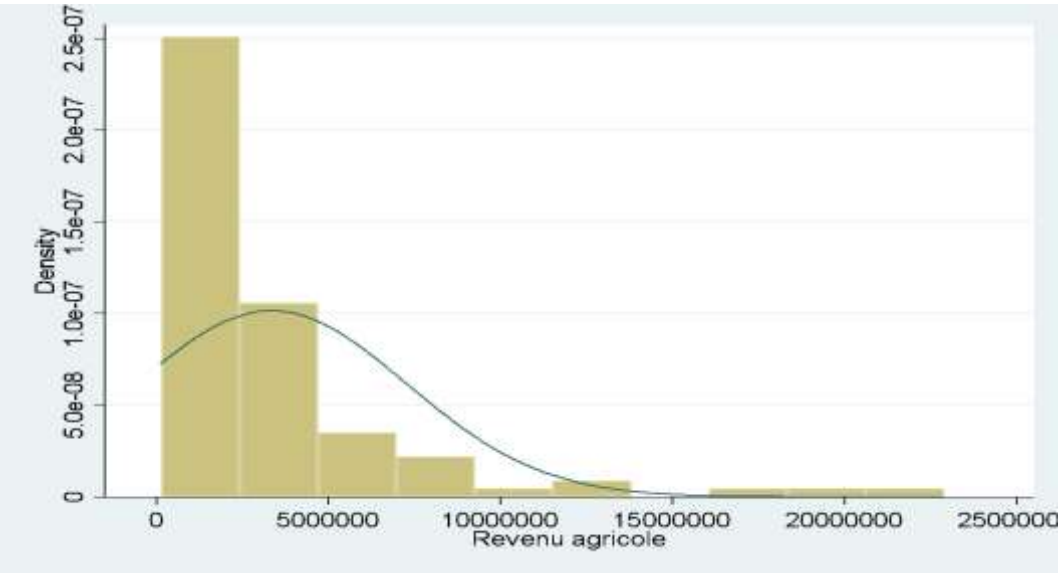


Figure 3. 23 : Histogramme de distribution du revenu agricole

Le test de Skewness confirme que la distribution du revenu ne suit pas la loi normale (p-valeur inférieur à 0,05) et le coefficient de Skewness montre que la majorité des ménages ont des revenus inférieurs à la moyenne.

- **Effet de l'irrigation agricole sur le revenu agricole**

Dans les lignes suivantes, nous allons montrer la différence en moyenne entre revenu agricole des ménages irrigants et celui des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole. Le tableau 3.29 montre les statistiques de base sur le revenu agricole dans les deux catégories de ménages

Tableau 3. 29 : Comparaison de revenu agricole selon les types de ménages (en BIF)

Type de ménages	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
Ménages irrigants	4691991	3517000	4303094	[3551017 −− 5832966]	2,46	0,0000
Ménages ne pratiquant pas l'irrigation	1628098	1216100	2571023	[859022,5 −− 2397173]	5,38	0,0000

L'analyse de ce tableau montre que le revenu agricole moyen des ménages (μ=4 691 991 BIF) qui pratiquent l'irrigation est supérieur à celui des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole (μ=1 628 098 BIF). Pour les ménages irrigants, la médiane ne se trouve pas dans l'intervalle de confiance. Donc la majorité ne tourne pas autour de la moyenne mais Skewness montre que la majorité des ménages ont des revenus agricoles inférieurs à la moyenne. Pour les ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation, Skewness montre que la majorité des ménages ont des revenus inférieurs à la moyenne mais qui tourne autour d'elle. Le test ANOVA (tableau 3.32) vérifie si ces deux moyennes sont statistiquement différentes.

Tableau 3. 30 : Analyse de variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	2,31e+14	1	2,31e+14	17,40	0,000
Intragroupe	1,30e+15	98	1,33e+13		
Total	1,53e+15	99	1,55e+13		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 11,69 Prob>chi2 = 0,001					

D'après le test ANOVA, au seuil de 5% la moyenne du revenu agricole dans les ménages qui pratiquent l'irrigation agricole et la moyenne du revenu agricole dans les ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole sont statistiquement différentes. Tandis que, le test de Bartlett montre que les écarts des revenus agricoles entre les ménages qui pratiquent et ceux qui ne pratiquent pas l'irrigation sont statistiquement différents au seuil de 5%.

Le test de bonferroni montre que la moyenne du revenu agricole des ménages qui pratiquent l'irrigation dépasse celle des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation de $3{,}1.10^6$ BIF et cette différence est significative au seuil de 5% (p-valeur=0,000). En conclusion, l'irrigation agricole influence le revenu agricole.

- **Effet de semis en ligne sur le revenu agricole**

Dans les paragraphes ci-hauts, nous avons montré que le semis en ligne influence positivement la production de certaines cultures notamment le riz, le maïs et le haricot. Dans les paragraphes qui suivent, nous allons montrer d'une façon générale, l'influence de semis en ligne sur le revenu agricole. Le tableau 3.31 montre les statistiques de base comparativement dans les catégories selon que les ménages ont adopté le semis en ligne ou non.

Tableau 3. 31 Comparaison de revenu agricole selon les types de ménages (en BIF)

Type de ménages	Moyenne	Médiane	Ecart type	Intervalle de confiance (à 95%)	Coefficient de skewness	Significativité de skewness
Adoptants le semis en ligne	4332624	3260000	4135475	[3264335 5400912]	2,72	0,0000
Non adoptants de semis en ligne	1921049	1233500	3167612	[939460,9 2902637]	3,92	0,0000

L'analyse montre que le revenu agricole moyen des ménages qui ont adopté le semis en ligne est supérieur à celui des ménages qui n'ont pas encore adopté le semis en ligne. Chez les adoptants de semis en ligne, la médiane ne se trouve pas dans l'intervalle de confiance, cela signifie que les revenus de la majorité des ménages ne gravitent pas autour de la moyenne. Skewness est supérieur à zéro, cela signifie que la majorité des ménages adoptants ont des revenus inférieurs à la moyenne. En moyenne la différence de revenu entre un ménage et un autre est 4 135 475 BIF.

Chez les non-adoptants de semis en ligne, la médiane se trouve dans l'intervalle de confiance. Cela signifie que la majorité des ménages ont des revenus qui gravitent autour de la moyenne mais dans la partie inférieure selon skewness. En moyenne la différence de revenu entre un ménage et un autre est 3 167 612 BIF. Apparemment ces deux moyennes sont différentes. Le test ANOVA (tableau 3.32) prouve la significativité de cette différence.

Tableau 3. 32 : Analyse de la variance entre le revenu agricole des ménages selon les modalités de semis

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	1,41e+14	1	1,41e+14	9,90	0,002
Intragroupe	1,39e+15	98	1.42e+13		
Total	1,53e+15	99	1,55e+13		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 3,19 Prob>chi2 = 0,07					

D'après le test ANOVA, au seuil de 5%, la moyenne du revenu agricole des ménages qui ont adopté le semis en ligne et celle des ceux qui n'ont pas encore adopté le semis en ligne sont statistiquement différentes. Tandis que, le test de Bartlett montre que les écarts entre les revenus des ménages selon les modalités de semis sont statistiquement égaux au seuil de 5%.

Le test de bonferroni montre que la moyenne du revenu agricole des ménages qui pratiquent le semis en ligne dépasse celle des ménages qui ne pratiquent pas le semis en ligne de $2{,}4.10^6$ BIF et cette différence est significative au seuil de 5% (p-valeur=0,002).

En conclusion, le semis en ligne a un effet positif sur le revenu agricole. Nous signalons ici que les tests réalisés confirment notre deuxième hypothèse qui dit qu'il y a des différences significatives entre le rendement agricole avec innovations et le rendement agricole sans innovations c'est-à-dire que si on adopte l'irrigation et /ou le semis en ligne, il y a le potentiel d'accroître le rendement d'où un effet positif sur le revenu agricole.

Ces résultats confirment les résultats de plusieurs auteurs. Ils ont montré que l'adoption des innovations agricoles augmente significativement le rendement des cultures (Duflo *et al.* (2008), Abdulai & Huffman (2014), Kassie *et al.* (2011), Josué (2019), Bouréma *et al.* (2021) et Ndèye (2017)).

III.4. EFFET DES INNOVATIONS SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE

Le défi de la sécurité alimentaire et nutritionnelle, pour une population croissante, a poussé les États africains à investir dans la recherche agricole, afin d'augmenter la productivité. Les contraintes à une agriculture productive et forte en Afrique sont, entre autres, une pluviométrie erratique, des prix bas et non attractifs, des possibilités d'irrigation non exploitées, les attaques de ravageurs, le non-respect des bonnes pratiques agricoles et la faible adoption des technologies par les producteurs (Muzari *et al.* 2012). Pour lever ces contraintes, des investissements sont faits dans la recherche agricole afin de générer des technologies adaptées. Au Burundi, beaucoup d'innovations agricoles ont été réalisées. Des efforts sont donc constamment fournis pour promouvoir la mise en œuvre des innovations agricoles.

Ainsi, étant donné leur croissance dans la recherche, une attention croissante est portée sur la contribution des investissements à l'atteinte des objectifs de développement. Des informations

et des preuves sur l'efficacité et la productivité de ces investissements sont nécessaires pour formuler des recommandations. Il est alors important de vérifier si les effets escomptés des technologies diffusées sont réellement atteints sur le terrain en utilisant une méthode d'évaluation rigoureuse, adaptée au contexte. L'objectif de cette partie est d'évaluer l'impact de l'adoption de certaines innovations sur la sécurité alimentaire.

III.4.1. Nombre de repas par jour

Le nombre de repas pris par jour dans le ménage est un indicateur de sécurité alimentaire. Cet indicateur varie selon la période de l'année. Dans la zone d'étude, le nombre de repas remarqués sont 1 repas, 2 repas et 3 repas par jour. Le tableau 3.33 montre la fréquence de repas dans la zone d'étude.

Tableau 3. 33 : Fréquence des repas dans les ménages de l'échantillon

Nombre de repas par jour	Fréquence	Pourcentage
1	2	2,00
2	82	82,00
3	16	16,00
Total	100	100,00

L'analyse des résultats de ce tableau montre que la majorité des ménages de l'échantillon prennent 2 repas par jour soit 82%. Pendant que 16% prennent 3 repas par jour, 2% seulement prennent un seul repas par jour.

- **Effet de l'irrigation agricole sur nombre de repas dans le ménage**

La figure 3.24 montre les fréquences de repas par jour dans les ménages de l'échantillon.

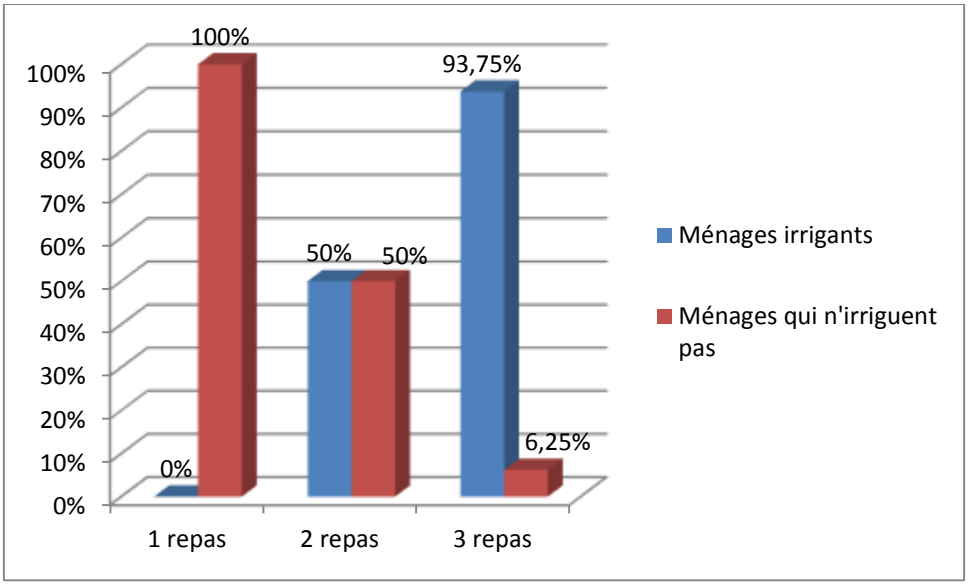


Figure 3. 24: Fréquence des repas selon que les ménages irriguent ou non

L'analyse de la figure 3.24 montre que 100% des ménages qui prennent un seul repas par jour sont des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole. Pour les ménages qui prennent deux repas par jour, la moitié est constituée par des ménages qui pratiquent l'irrigation et l'autre moitié ne pratiquent pas l'irrigation tandis que la majorité des ménages qui prennent trois repas par jour sont des ménages irrigants (93,75%). Le test de khi-deux (Pr = 0,002), au seuil de 1%, montre que l'irrigation agricole influence fortement le nombre de repas pris par jour dans le ménage.

III.4.2. Score de consommation alimentaire (SCA)

Selon la FAO (2013), le score de la consommation alimentaire des ménages (SCA) est un indicateur de l'accessibilité aux aliments et de la qualité de la consommation alimentaire. Il est calculé à partir de la diversité du régime alimentaire (nombre de groupes d'aliments consommés par un ménage, pendant les sept jours précédant l'enquête), de la fréquence de consommation (nombre de jours au cours desquels un groupe d'aliments a été consommé, pendant les sept jours précédant l'enquête) et de l'importance nutritionnelle relative des différents groupes d'aliments. Huit classes ou groupes d'aliments (tableau 3.34) sont établis, il s'agit de : (1) aliments de base (céréales, tubercules), (2) légumineuses (haricots, noix et graines), (3) légumes, (4) fruits, (5) protéines animales (viande, œuf et poisson), (6) sucre, (7) produits laitiers, et (8) huiles et matières grasses. Pour chaque groupe d'aliment la consommation est exprimée en nombre de jours consommés au cours de la semaine écoulée. La fréquence de

consommation varie donc de 0 (jamais consommé) à 7 (consommé tous les jours de la semaine). Les fréquences de consommation sont ensuite additionnées en tenant compte d'un facteur de pondération qui prend en compte la valeur nutritive de la catégorie d'aliments. Le Score de Consommation alimentaire (SCA) des ménages est calculé en utilisant la formule suivante :

$$score = nj\ a\lim.base * p\ a\lim.base + nj\ légu\min euse * p\ légu\min euse + nj\ légumes * p\ légumes + nj\ \ fuits * p\ \ fuits + nj\ \ prot.anim.* p\ \ prot.anim. + nj\ sucre * p\ sucre + nj\ \ prod.lait.* p\ \ prod.lait. + nj\ huile * p\ huile$$

Avec : nj = nombre de jours consommés, p = coefficient de pondération. Le groupe alimentaire et le poids sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. 34 : Groupe d'aliments et leur pondération

N°	Types d'aliments	Groupes	Poids	Justification
1	Maïs, mil, Sorgho, Riz, éleusine, pain, beignets, pâtes alimentaires	Céréales et tubercules (aliments de base)	2	Riche en énergie, contenu en protéines faible et de plus mauvaise qualité que dans les légumes. Micronutriments (liés aux phytates*)
	Manioc, Patate douce, pomme de terre, bananes, autres tubercules			
2	Arachides, légumineuses (haricot, niébé, petit pois, lentilles,),	Légumineuse	3	Riche en énergie, contenu en protéines fort mais de moins bonne qualité que dans la viande. Micronutriments (gênés par les phytates), peu de matières grasses
3	Fruits (mangues, oranges, bananes…)	Fruits	1	Pauvre en énergie, peu de protéines, pas de matières grasses, micronutriments
4	Légumes (+ feuilles)	Légumes	1	Pauvre en énergie, peu de protéines, pas de matières grasses, micronutriments
5	Viandes, œufs, poissons, escargots,	Protéines animales	4	Protéines de grande qualité, nutriments facilement absorbables, (pas de phytates). Riche en énergie et matières grasses, permet une forte amélioration du régime alimentaire.
6	Lait et produits laitiers	Produits laitiers	4	Protéines de grande qualité, nutriments, vitamines A, énergie. Le lait est souvent consommé en très faible quantité ; il doit alors être traité comme un condiment.
7	Sucres, miels et autres sucreries	sucres	0,5	Une reclassification est alors nécessaire
8	Huiles et graisses	Huiles	0,5	Calories. Généralement consommé en petite quantité

Source : Wilfred 2014

Le score de consommation pour chaque ménage est calculé selon les groupes d'aliments consommés durant les 7 jours précédents l'enquête. PAM stipule que pour déterminer les classes de consommation alimentaire, les seuils de 21 et 35 sont pris en compte. Ainsi, les trois classes de consommation alimentaire des ménages (pauvre, limite et acceptable) sont définies. Toutefois, la classe de consommation pauvre est constituée de ménages dont le score de consommation est inférieur ou égal à 21 (inclus) ; La classe de consommation limite qui regroupe les ménages dont le score de consommation est compris entre 21,5 et 35(inclus) et la classe de consommation acceptable est composée par les ménages dont le score de consommation est supérieur à 35 (exclus).

Dans la zone d'étude, 86% vivent d'une consommation alimentaire acceptable tandis que 14% vivent d'une consommation alimentaire limitée. Aucun ménage ne vit d'une consommation alimentaire pauvre. Cela se justifie par la période de l'enquête qui était propice pour plusieurs cultures et que tous les ménages ont adopté l'association des cultures qui est favorisée par le semis en ligne.

- **Effet de semis en ligne sur la consommation alimentaire**

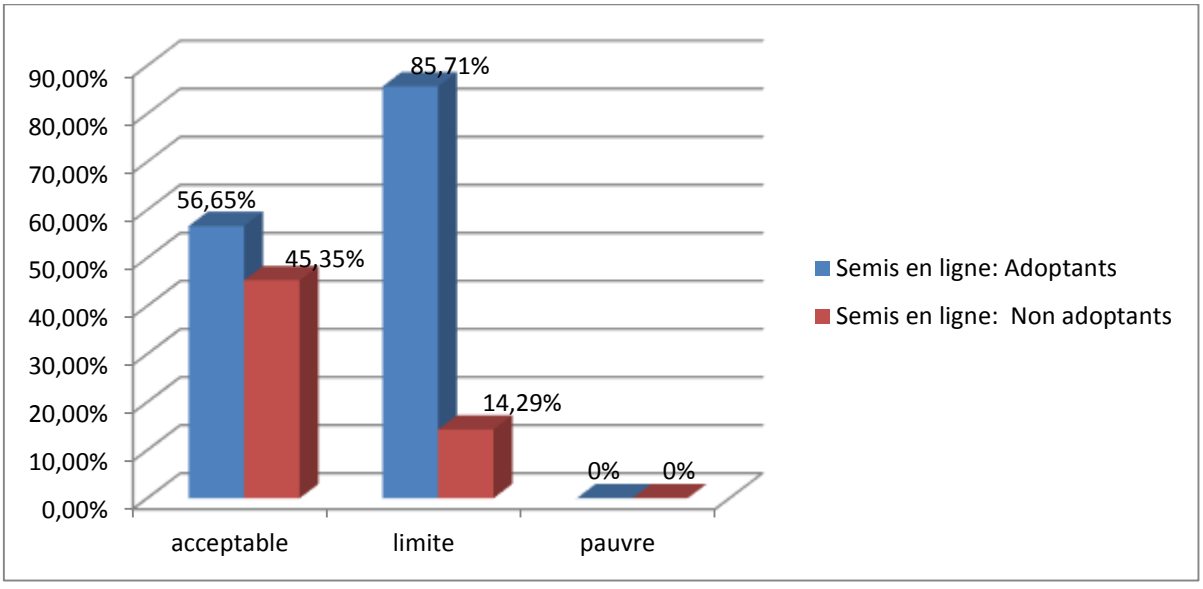


Figure 3. 25 : Répartition des ménages selon le score de consommation alimentaire

L'analyse de la figure 3.25 montre que, parmi les ménages qui ont une consommation alimentaire acceptable, 56,65% sont des adoptants de semis en ligne tandis que 45,35% sont des non-adoptants de semis en ligne. Parmi les ménages qui vivent une consommation alimentaire limite, 85,71% sont des adoptants de semis en ligne tandis que 14,29% sont des

non-adoptants. Le test de chi-deux (Pr = 0,02), au seuil de 5%, montre que le semis en ligne influence significativement la consommation alimentaire.

Tableau 3. 35 : Avantages et inconvénients de SCA

Limites du SCA	Avantage du SCA
● Le score reflète seulement la consommation d'une semaine ● Ne capture pas les variations saisonnières ● Ne mesure pas le "déficit" alimentaire ● Ne capture pas la consommation des aliments à l'intérieur du ménage (entre les membres) ● Ne mesure pas la consommation en dehors du ménage, important en zone urbaine ● Ne mesure pas comment la consommation alimentaire a changé dû à la crise, à moins que des données précédentes existent pour les mêmes ménages. Pour cette raison, lors d'une crise, une analyse plus poussée est nécessaire pour avoir une meilleure idée des changements dans la consommation alimentaire	● Fournit des informations clefs sur la consommation alimentaire des ménages ● Facile à collecter et à calculer ● Prend en compte la valeur nutritionnelle des aliments consommés par le ménage ● Comparable dans le temps et l'espace

Source : Wilfred 2014

III.4.3. Score de diversité alimentaire des ménages (SDAM)

La diversité alimentaire représente le nombre d'aliments ou groupes d'aliments différents consommés pendant une période donnée. Elle est similaire au SCA, mais généralement, elle est capturée sur une période de 24 heures sans information de fréquence. Le SDA est calculé en

classant des aliments en 12 groupes (1. Céréales, 2. Racines, 3. Légumes, 4. Fruits. 5. viandes, 6. Œufs, 7. Poissons et crustacés, 8. Légumineuses, 9. Laits et produits laitiers, 10. Huile et graisses, 11. Sucres, miels et sucreries et 12. Divers, café, thé, condiments et gingembres). Son calcul consiste à comptabiliser le groupe d'aliments représentés dans l'alimentation sur une période de référence de 24 heures. Un score moyen est ensuite calculé pour constituer trois catégories de diversité alimentaire du ménage : diversité faible (score inférieur à la moyenne calculée), diversité moyenne (score égal à la moyenne) et diversité élevée (score supérieur à la moyenne). Dans la zone d'étude, le score moyen est de **6,44**. Ce score traduit une forte diversification de leur régime alimentaire pour les ménages de l'échantillon (consommation de plus de 4 groupes alimentaires). Selon les recommandations de la FAO et de FANTA, un SDAM supérieur à 4 correspond à une forte diversification et une consommation adéquate.

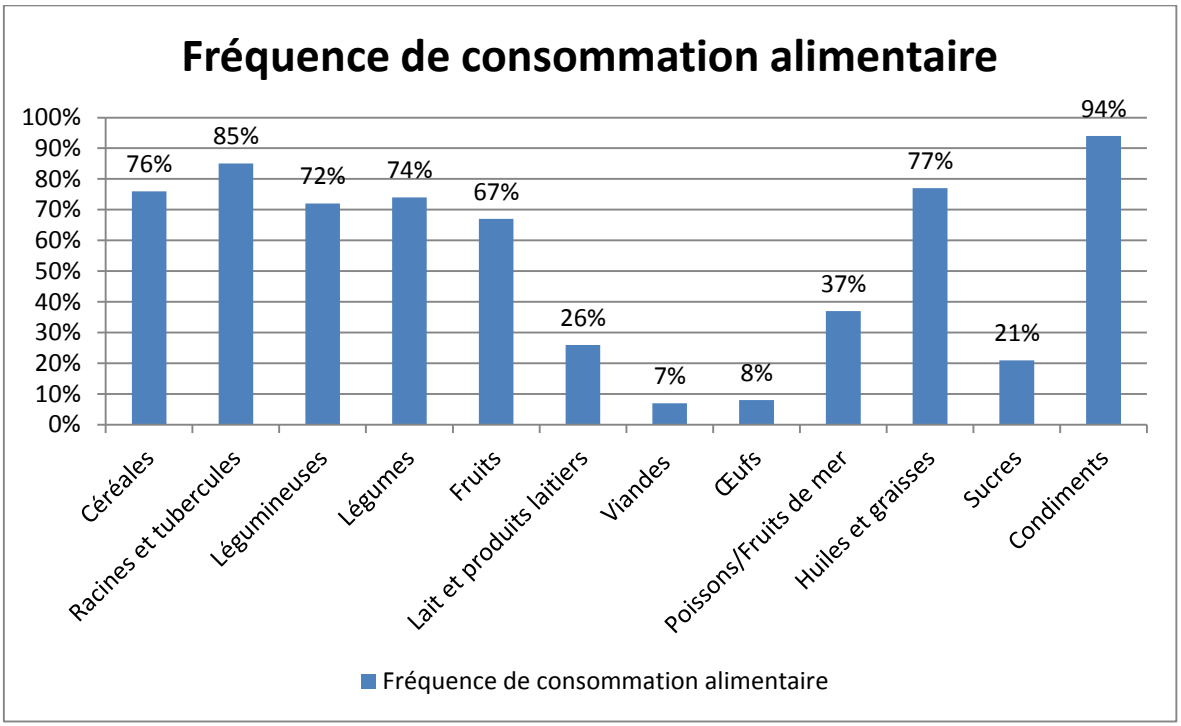


Figure 3. 26 : Fréquence de consommation des différents groupes d'aliments

L'analyse des différents groupes d'aliments consommés dans les dernières 24 heures précédant l'enquête montre que, à part les condiments qui sont utilisés pour assaisonner, les aliments les plus consommés par les ménages de la zone d'étude, sont les racines et tubercules, les céréales, les légumineuses, les légumes, huiles, les fruits et poissons (les ndagara). Cela s'explique par la période de l'enquête où plusieurs aliments sont disponibles. Les autres aliments à savoir les viandes, les œufs, le lait et ses dérivés et les sucres sont rarement consommés. Les ménages de la zone d'étude ont révélé que l'habitude est de consommer les produits de leurs récoltes sauf les condiments et l'huile qui sont utilisés pour améliorer la qualité des aliments.

- **Influence de semis en ligne sur la diversité alimentaire**

Le semis en ligne est une pratique adoptée pour faciliter certaines opérations culturales. Il facilite l'association des cultures (cultures intercalaires) et par conséquent la diversification des cultures. Le score de diversité alimentaire moyen est de 6**,71** pour les adoptants et **6,05** pour les non-adoptants. Pour vérifier que ces deux moyennes sont statistiquement différentes, le test d'ANOVA (tableau 3.36) est réalisé.

Tableau 3. 36 : Analyse de la variance

Source de variation	SC	DL	CM	F	P-valeur
Intergroupe	10,64	1	10,64	4,78	0,03
Intragroupe	218,00	98	2,22		
Total	228,64	99	2,309		
Bartlett's test for equal variances: chi2(1) = 0,69 Prob>chi2 = 0,41					

D'après le test d'ANOVA (p-valeur=0,03), au seuil de 5%, ces deux moyennes sont statistiquement différentes. Tandis que, le test de Bartlett montre que les écarts entre les catégories (adoptants ou non) sont statistiquement égaux au seuil de 5%. Le test de Bonferroni montre que le score de diversité alimentaire des adoptants dépasse de 0**,66** celui des non-adoptants et cette différence est significative au seuil de 5% (p-valeur= 0,03).

Tout compte fait ; vu l'impact de l'irrigation agricole sur le nombre de repas pris dans les ménages par jour, vu l'impact de semis en ligne sur la consommation alimentaire des ménages de l'échantillon, vu l'impact de semis en ligne sur la diversité alimentaire ; nous confirmons notre troisième hypothèse qui stipule que les innovations améliorent la sécurité alimentaire.

Ces résultats rejoignent ceux de nombreuses études d'impact des innovations agricoles sur la sécurité alimentaire. Au sénégal, Ndèye (2017) a trouvé que l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho a un impact positif sur la sécurité alimentaire. Issoufou *et al.* (2017) ont conclu que les semences améliorées pourraient constituer un instrument important de politiques agricoles visant la sécurité alimentaire. Au Burkina Faso, Yaro (2019) a montré que l'amélioration de la résilience à travers les innovations agricoles conduit à une amélioration considérable de la sécurité alimentaire. De son côté, Josué (2019) a montré que la mécanisation agricole a un effet positif sur la sécurité alimentaire des ménages.

III.5. ESTIMATION ET INTERPRETATION DE RESULTATS DU MODELE LINEAIRE MULTIPLE

Dans cette section on estime le modèle linéaire qui met en évidence la contribution de certaines innovations sur le rendement agricole. En l'occurrence, la variable dépendante est le revenu agricole qui est le meilleur proxy de production agricole. Néanmoins, l'impact des innovations est mesuré sur la production de toutes les cultures mais c'est impossible de combiner la production des cultures différentes pour avoir la production totale. D'où, dans la présente étude, le revenu agricole sert de proxy de production agricole totale pour mesurer l'impact des innovations. Ces innovations sont la combinaison fumure minéral + fumure organique, l'irrigation, le semis en ligne et la rotation/assolement des cultures. De plus, d'autres variables dites de contrôles à savoir le nombre de personnes actives dans le ménage, l'activité principale du chef de ménage et la superficie irriguée ont une influence significative sur le revenu agricole de ménage.

Le modèle analytique linéaire s'écrit comme suit :

$$\text{ReA} = \beta_0 + \beta_1 npa + \beta_2 AP + \beta_3 Si + \beta_4 eng_mO + \beta_5 Irrigation + \beta_6 SL + \beta_7 .RAC + \varepsilon$$

Avec ;

ReA : le revenu agricole du ménage ;

npa : nombre de personnes actives dans le ménage ;

AP : activité principale du chef de ménage (0=sans, 1=salarié, 2=Agriculture, 3=Élevage, 4=Vente de main d'œuvre, 5=commerce, 6=Artisanat, 7=maçon, 8=taxi-vélo, 9=taxi-moto, 10=mécanicien) ; mais dans la zone d'étude nous avons rencontrés 3 activités principales d'où le nouveau codage (1=salarié, 2=Agriculture, 3=maçon)

Si : superficie irriguée ;

eng_mO : combinaison fumure minéral + fumure organique ;

Irrigation : irrigation agricole ;

SL : semis en ligne ;

RAC : rotation/assolement des cultures ;

$\beta_j \, (j = 0,1,2,3,4,5,6,7)$ Sont les paramètres inconnus de la population.

et ε est la perturbation ou le terme d'erreur ;

III.5.1 Résultats du modèle linéaire

```
      Source |       SS           df       MS      Number of obs   =       100
-------------+----------------------------------   F(8, 91)        =     21.54
       Model |  1.0038e+15         8  1.2548e+14   Prob > F        =    0.0000
    Residual |  5.3014e+14        91  5.8258e+12   R-squared       =    0.6544
-------------+----------------------------------   Adj R-squared   =    0.6240
       Total |  1.5340e+15        99  1.5495e+13   Root MSE        =    2.4e+06

------------------------------------------------------------------------------
         ReA |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         npa |    356131   133652.8     2.66   0.009     90646.17    621615.9
             |
          AP |
           2 |   4328452    2527630     1.71   0.090     9349279    692373.8
           3 |   -740783   535988     -1.91   0.060    -83023.2    1.38e+06
             |
          Si |   535.4158   197.5576     2.71   0.008     142.9919    927.8398
    1.eng_mO |   1.51e+06    3503472     4.32   0.000      818906.1    2.21e+06
1.Irrigation |   1.41e+06    2515932     5.62   0.000     1.21e+06    9132336
        1.SL |    1913925   730688.7     2.62   0.010     462501.2     3365348
       1.RAC |    1215047   674180.3     1.80   0.075     1201294     2554223
       _cons |    2482079    3639104     0.68   0.497     -4746553     9710711
------------------------------------------------------------------------------
```

Source : Calcul de l'Auteur (Résultats de STATA.15 sur base des données de l'enquête)

Au regard des résultats du modèle, on constate que :

Le test de significativité global du modèle montre que les variables du modèle prises conjointement influencent le revenu agricole jusqu'à 65,44% (**R^2=0,6544**). En effet, comme la probabilité associée à cette valeur est inférieure au seuil de 5% (soit **Prob > F= 0,000**), le modèle est globalement significatif.

A. Variables d'intérêt

Dans la zone d'étude, les innovations adoptées ont un effet positif sur le revenu agricole ;

- ✓ La combinaison de fumure minérale et la fumure organique augmente le revenu agricole de 1 510 000 BIF. Cette augmentation est significative au seuil de 1% et varie de 818 906,1 à 2,21.10^6.
- ✓ L'irrigation agricole augmente le revenu agricole de 1 410 000 BIF. Cette augmentation est significative au seuil de 1% et varie de 1,21.10^6 BIF à 9 132 336 BIF.
- ✓ L'adoption de semis en ligne entraîne l'augmentation de 1 913 925 BIF sur le revenu agricole. Cette augmentation est significative au seuil de 5% et varie de 462 501,2 BIF à 3 365 348 BIF.
- ✓ La rotation/assolement des cultures entraîne une augmentation de 1 215 047 BIF. Cette augmentation est significative au seuil de 10% et varie de 1 201 294 BIF à 2 554 223 BIF.

B. Variables de contrôle

- ✓ Une personne active supplémentaire augmente le revenu agricole de 356 131 BIF. Cette augmentation est significative au seuil de 5% et varie de 90 646,17 BIF à 621 615,9 BIF.
- ✓ Pour les ménages de la zone d'étude, les ménages dont les chefs exercent l'agriculture comme activité principale ont 4 328 452 BIF de plus sur le revenu agricole que les ménages dirigés par les salariés et cette augmentation est significative au seuil de 10% tandis que les ménages dont les chefs exercent le maçon comme activité principale ont 740 783 BIF de moins sur le revenu agricole que les ménages dirigés par les salariés et cette diminution est significative au seuil de 10%.
- ✓ L'augmentation d'une unité sur la superficie irriguée entraîne l'augmentation sur le revenu agricole de 535,42 BIF et cette augmentation significative au seuil de 5% varie de 142,99 BIF à 927,84 BIF.

Le tableau suivant montre les résultats de l'estimation du modèle linéaire sans tenir compte des modalités des variables explicatives qualitatives.

III.5.2. Résultats de l'estimation du modèle linéaire.

```
      Source |       SS           df       MS      Number of obs   =       100
-------------+----------------------------------   F(7, 92)        =     22.51
       Model |  9.6850e+14         7  1.3836e+14   Prob > F        =    0.0000
    Residual |  5.6546e+14        92  6.1463e+12   R-squared       =    0.6314
-------------+----------------------------------   Adj R-squared   =    0.6033
       Total |  1.5340e+15        99  1.5495e+13   Root MSE        =    2.5e+06

------------------------------------------------------------------------------
         ReA |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         npa |      338982   137093.9     2.47   0.015     66701.74    611262.3
          AP |     1756314   544718.3     3.22   0.002     674456.9     2838172
  Irrigation |    1.41e+06    2584211     5.46   0.000     1.22e+06    8981823
          Si |    702.7791   190.5295     3.69   0.000     324.371    1081.187
      eng_mO |    1.54e+07    3597375     4.27   0.000     8225295    2.25e+07
          SL |     1381267   716870.1     1.93   0.057     42499.25     2805033
         RAC |     1320104   691090.8     1.91   0.059     52461.83     2692670
       _cons |    -5548582    2801687    -1.98   0.051    -1.11e+07    15809.28
------------------------------------------------------------------------------
```

Source : Calcul de l'Auteur (Résultats de STATA.13 sur base des données de l'enquête)

Après l'estimation des paramètres, le modèle devient :

$$\text{Re}\,A = -5548582 + 338982npa + 1756314AP + 1410000Irrigation + 702{,}7791Si + 1{,}54.10^{7}\,eng_mO + 1381267SL + 1320104RAC$$

Nous avons fait le test de multicollinéarité et nous avons trouvé que notre régression linéaire

multiple est affranchie de multicolinéarité (VIF = 3,15). La valeur prédite linéaire du test de Link « _hat » est statistiquement significative (p-valeur = 0,002) et la valeur prédite linéaire au carré «_hatsq » est statistiquement non significative (p-valeur = 0,23). Cela signifie que notre modèle est bien spécifié.

III.6. ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE

III.6.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Le tableau suivant montre les composantes pour les variables du modèle.

Tableau 3. 37 : Composantes principales

Components	Eigenvalue	Proportion	SE_Prop	Cumulative	SE_Cum	Bias
Comp1	2.656632	0.2952	0.0318	0.2952	0.0318	.114031
Comp2	1.646634	0.1830	0.0232	0.4781	0.0297	.066238
Comp3	1.163655	0.1293	0.0175	0.6074	0.0258	.093283
Comp4	1.029757	0.1144	0.0157	0.7219	0.0209	-.046345
Comp5	.8517414	0.0946	0.0133	0.8165	0.0157	-.050153
Comp6	.712509	0.0792	0.0113	0.8957	0.0102	-.085662
Comp7	.4768147	0.0530	0.0077	0.9486	0.0059	-.044064
Comp8	.3022253	0.0336	0.0050	0.9822	0.0027	-.030258
Comp9	.1600314	0.0178	0.0027	1.0000	0.0000	-.01707

Le tableau 3.37 montre 4 composantes principales qui renferment l'information nécessaire. Ces composantes sont illustrées sur la figure 3.27.

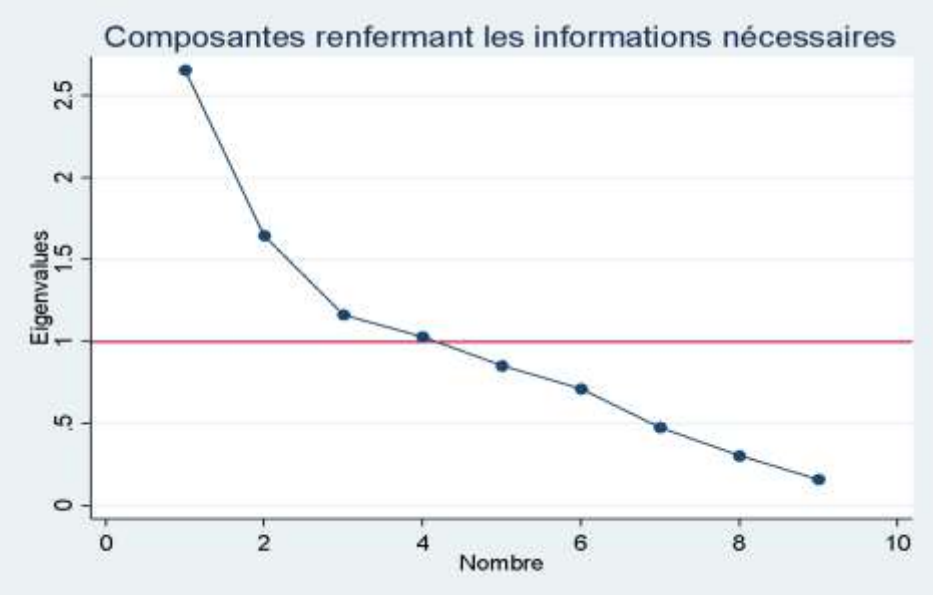


Figure 3. 27 : Composantes renfermant les informations nécessaires

Quatre composantes renferment des informations nécessaires pouvant nous aider afin de tirer des conclusions consistantes pour notre étude mais à défaut de logiciels qui peut faire une projection en espace à quatre dimensions, nous sommes obligés de ne retenir que deux seulement. La figure 3.28 illustre la classification des variables du modèle en ACP.

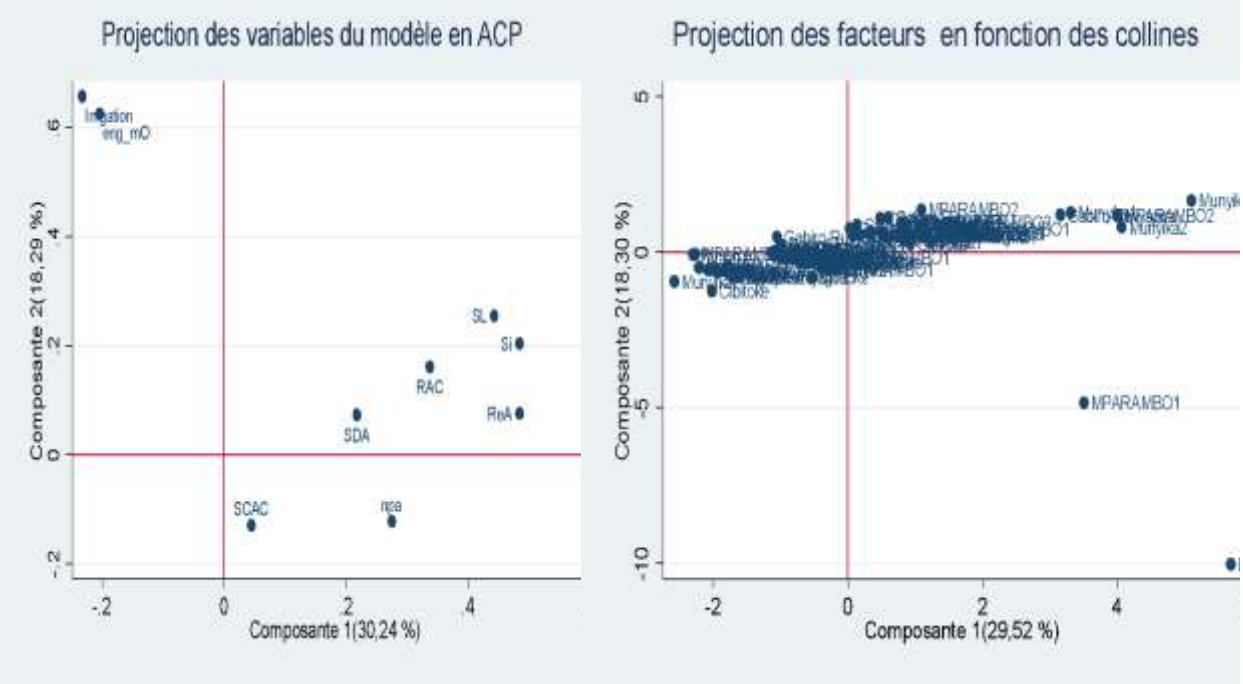


Figure 3. 28 : Classification des variables du modèle en ACP

L'analyse de ces deux figures montrent que :

- Les ménages à revenu agricole élevé possèdent des grandes superficies et pratiquent le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures ;
- Les ménages qui combinent la fumure minérale et organique pratiquent également l'irrigation ;
- Parmi les ménages des collines Munyika2, Mparambo1, Mparambo2 et Rusororo, il y en a ceux qui ont des revenus élevés, possèdent des grandes surfaces irriguées et pratiquent le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures ;

  Parmi les ménages de Rusororo, il y en a ceux qui ne combinent pas la fumure minérale et organique et ne pratiquent non plus l'irrigation.

IV.6.2. Analyse des correspondances multiples (ACM)

Cette analyse est adéquate dans la mesure où on a des variables qualitatives. Elle permet en effet, la classification des ménages suivant les variables qualitatives nominales du modèle. La figure suivante montre cette classification.

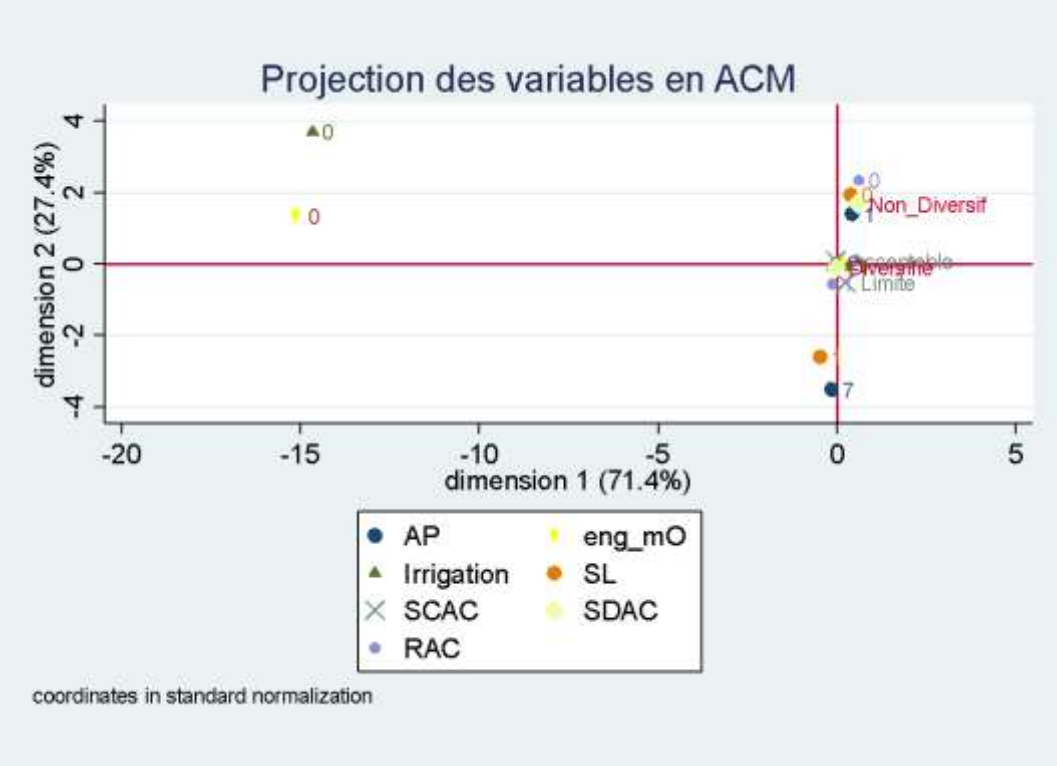


Figure 3. 29 : Classification des variables en ACM

L'analyse de la figure montre que :

- Parmi les ménages dirigés par les chefs de ménages qui sont des Agriculteurs ou Salariés, ne pratiquant pas le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures mais pratiquant la combinaison des fumures organique et minérale, il y en a ceux qui ont une forte diversification alimentaire et d'autres ont une faible diversification alimentaire mais avec une consommation alimentaire acceptable ;
- Parmi les ménages dont les chefs de ménages sont des agriculteurs, ne pratiquant pas l'irrigation agricole et ne combinant pas la fumure organique et minérale ; il y en a ceux qui ont une forte diversification alimentaire et une consommation alimentaire acceptable ;

- Parmi les ménages dont les chefs de ménages sont des agriculteurs ou maçons, pratiquant le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures ; il y en a ceux qui ont une consommation alimentaire acceptable et une forte diversification alimentaire ;
- Parmi les ménages dont les chefs de ménages sont des agriculteurs, il y en a ceux qui ont une consommation alimentaire acceptable, d'autres ont une consommation alimentaire tandis que d'autres ont une forte diversification alimentaire ;
- Parmi les ménages dont les chefs de ménages sont des agriculteurs ou salariés, ne pratiquant pas le semis en ligne, la rotation et/ou assolement, l'irrigation et combinant ou pas la fumure organique et minérale ; il y en a ceux qui ont ceux qui ont une consommation alimentaire acceptable, une forte diversification alimentaire et une faible diversification alimentaire ;
- Parmi les ménages dont les chefs de ménages sont des agriculteurs ou maçons, pratiquant le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures ; il y en a ceux qui ont une consommation alimentaire acceptable, une forte diversification alimentaire et une faible diversification alimentaire ;
- Parmi les ménages dont les chefs de ménages sont des agriculteurs ou maçons, pratiquant le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures mais ne pratiquant pas l'irrigation et la combinaison de fumure organique et minérale ; il y en a ceux qui ont une consommation alimentaire acceptable et une forte diversification alimentaire ;
- Parmi les ménages dirigés par les chefs de ménages qui sont des « Agriculteurs » ou « Salariés », ne pratiquant pas le semis en ligne et la rotation et/ou assolement des cultures mais pratiquant la combinaison des fumures organique et minérale, il y en a ceux qui ont une consommation alimentaire acceptable, une consommation alimentaire limite, une forte diversification alimentaire et une faible diversification alimentaire.

CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

1. Conclusion générale

L'Afrique est un continent particulièrement vulnérable face aux changements climatiques qui se traduisent par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de vie. Le changement climatique constitue une menace croissante sur les secteurs de l'agriculture. L'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les agricultures familiales subissent aussi d'autres mutations de leur environnement : dégradation de la fertilité, déforestation, érosion de la biodiversité, les risques d'invasion par les insectes ravageurs, l'apparition des mauvaises herbes, etc. Dans ce contexte inconfortable pour l'agriculture, les efforts d'adaptation sont aussi mobilisés en adoptant beaucoup des innovations telles que les modifications des pratiques techniques, le changement des variétés et les modifications des pratiques culturales.

Ce mémoire avait pour objectif d'évaluer l'effet des innovations en matière de résilience de l'agriculture face aux changements climatiques au Burundi. Les travaux reposent sur trois hypothèses de recherche. La première stipule que les innovations agricoles améliorent la vie socio-économique (le bien-être) des agriculteurs. La seconde est qu'il y a des différences significatives entre le rendement agricole avec innovation et le rendement agricole sans innovation tandis que la troisième stipule que les innovations agricoles améliorent la sécurité alimentaire des ménages.

Pour tester nos hypothèses ; le test de chi-deux, le test de skewness, le test d'ANOVA, le test de bartlett et le test de bonferroni ont été réalisés. Le modèle linéaire a permis d'identifier les innovations qui influencent conjointement et significativement le revenu agricole (meilleur proxy de rendement agricole) à savoir l'irrigation agricole, le semis en ligne, la combinaison fumure organique et fumure minérale et la rotation et assolement des cultures. Les variables de contrôle qui influencent significativement le revenu agricole sont le nombre de personnes actives dans le ménage, l'activité principale du chef de ménage et la superficie irriguée.

Les données utilisées dans ce mémoire proviennent de l'enquête auprès d'un échantillon des agriculteurs de la commune RUGOMBO. L'analyse de ces données a permis d'atteindre les résultats saillants. Les résultats économétriques ont fait état d'un impact positif de l'adoption de l'innovation sur la vie socio-économique, les rendements et la sécurité alimentaire, quelle que soit la méthode utilisée.

Concernant l'évaluation de l'effet des innovations agricoles sur la vie socio-économique, l'étude d'impact de l'irrigation agricole sur certains indicateurs de la vie socio-économique a été réalisée. Les résultats montrent que les ménages de l'échantillon ayant adopté l'irrigation agricole ont 2,58 fois plus de chance d'avoir l'accès aux soins de santé, 2,08 fois plus de chance d'avoir une carte mutuelle, en moyenne 1 enfant scolarisé de plus, 0,16 fois plus de chance d'avoir aucun enfant déscolarisé, 4,41 fois plus de chance d'avoir des animaux d'élevage ; en moyenne $2{,}9.10^6$ BIF de plus sur le revenu par rapport aux ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation agricole. Ces résultats nous ont permis de confirmer notre première hypothèse.

Concernant l'évaluation d'effet des innovations agricoles sur le rendement agricole, le test d'ANOVA montre que la moyenne des rendements annuel du riz, de haricot et de maïs des ménages qui font le semis en ligne et la moyenne des rendements annuel du riz, de maïs et de haricot des ménages qui ne font pas le semis en ligne sont significativement différentes au seuil de 5%. Ceci est confirmé par le test de bonferroni qui montre que les agriculteurs ayant adopté le semis en ligne ont en moyenne 1,916 t/ha de plus sur le rendement annuel du riz, 1,12 t/ha de plus sur le rendement annuel de haricot et 2,27 t/ha de plus sur le rendement annuel de maïs que les ménages qui ne font pas le semis en ligne et ces différences sont significatives au seuil de 5%.

L'ANOVA montre aussi que, au seuil de 5%, la moyenne du revenu agricole dans les ménages ayant adopté l'irrigation agricole ou le semis en ligne et la moyenne du revenu agricole dans les ménages qui n'ont pas encore adopté sont statistiquement différentes.

Le revenu agricole moyen des ménages qui pratiquent l'irrigation dépasse celui des ménages qui ne pratiquent pas l'irrigation de $3{,}1.\ 10^6$ BIF tandis que le revenu agricole moyen des ménages qui pratiquent le semis en ligne dépasse celui des ménages qui ne pratiquent pas le semis en ligne de $2{,}4.10^6$ BIF. De ces analyses nous avons confirmé notre deuxième hypothèse.

Concernant la sécurité alimentaire, la majorité des ménages de l'échantillon prennent deux repas par jour, 86% vivent d'une consommation alimentaire acceptable tandis que 14% vivent d'une consommation alimentaire limitée et le SDA moyen est de 6,44.

Le test de khi-deux, au seuil de 5%, montre que l'irrigation agricole influence (Pr = 0,002) le nombre de repas pris par jour dans le ménage et le semis en ligne influence significativement (Pr=0,028) la consommation alimentaire.

Le test d'ANOVA (p-valeur=0,03), au seuil de 5%, montre que le SDA moyen (6,71) des adoptants de semis en ligne et le SDA moyen (6,05) des non-adoptants sont différents statistiquement. Le test de bonferroni montre que le score de diversité alimentaire des adoptants est de 0,664 celui des non-adoptants et cette différence est significative au seuil au seuil de 5% (p-valeur= 0,03). Par ces analyses nous confirmons que les innovations améliorent la sécurité alimentaire des ménages. Notre travail s'est clôturé par l'analyse en composantes principales et l'analyse des correspondances multiples.

2. Recommandations

1.1. Aux chercheurs

- ✓ Analyser les variétés qu'il faut adopter selon la région.
- ✓ Identifier les facteurs de non-adoption massive des innovations agricoles en place et trouver quel moyen pour inciter l'adoption massive.

1.2. Aux agriculteurs

- ✓ D'adopter massivement les innovations agricoles.
- ✓ De soutenir les efforts du gouvernement et des ONGs en entretenant les canaux d'irrigation par exemple.

1.3. Aux vulgarisateurs

- ✓ De former et informer les agriculteurs la présence et la mise en œuvre des innovations adaptées à la région.
- ✓ D'accompagner les agriculteurs dans leurs activités agricoles.

1.4. Aux pouvoirs publics

- ✓ Mettre en place des mécanismes de suivi-évaluation des innovations adoptées au niveau des collines, des communes et au niveau national.
- ✓ Interpeller les agriculteurs à respecter les mesures exigées pour l'application de l'innovation adoptée.
- ✓ Promouvoir les cultures irriguées.

3. Perspectives

Les perspectives que nous ouvrons sont les suivantes :

- ✓ Les recherches pourront être poussées pour étudier les effets des innovations agricoles autres que l'irrigation et semis en ligne sur la productivité agricole et cela pour toutes les cultures partout dans le pays.
- ✓ Les recherches pourront être également poussées pour étudier les effets des innovations agricoles sur l'environnement.
- ✓ Les recherches pourront être également poussées pour étudier l'impact des innovations agricoles sur les autres secteurs agricoles à savoir l'élevage et la pêche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdulai, A., & Huffman, W. (2014). The adoption and impact of soil and water conservation technology: An endogenous switching regression application. *Land Economics*, *90*(1), 26–43. https://doi.org/10.3368/le.90.1.26

Abebaw, D., & Haile, M. G. (2013). *The impact of cooperatives on agricultural technology adoption : Empirical evidence from Ethiopia*. *38*, 82–91.

Ablett, R. J., & Jones, R. (2007). *Résilience et bien-être du personnel de soins palliatifs : une étude qualitative de l'expérience de travail des infirmières en soins palliatifs*. *16*(8). https://doi.org/10.1002/pon.1130

Adger, W. N. (2006). *Vulnerability : Global environnemental change*. *16*(3), 268–281.

ADISCO. (2020). *La résilience aux effets des changements climatiques au Burundi : Adaptation ou Résignation? 21*(Janvier-Mars).

Agbo, V. (1991). *Civilisation et agriculture paysanne en pays Adja dans le Mono (Bénin) : Rites, production, réduction des risques et gestion de l'incertitude. Thèse de doctorat.* Université Paris descartes.

Aho, N., & Ouassa Kouaro, M. (2006). *Identification et répertoire des mesures locales d'adaptation aux changements climatiques dans les communes de Ouaté et de Tanguiéta, Rapport provisoire.*

Ardilly, P. (2006). *Les techniques de sondage* (2è édition). https://doi.org///doi.org/10.4314/ijbcs.v6i/.30

Bahadur, A., & Doczi, J. (2016). *Unlocking resilience through autonomous innovation*. *January*.

Bernard, M. J. (2011). *Le talent «résilience». Revue internationale de psychosociologie, 17(41), 107-118.*

Beucher, O., & Bazin, F. (2012). L'agriculture en Afrique face aux défis du changement climatique. In *Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie*. http://www.afd.fr/jahia/Jahia/Africapolis

Blaise, W. B. (2014). *Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz SAHEL sur la pauvreté au Sénégal : approche de l'effet marginal du traitement (EMT)*. 20.

Bourbonnais, R. (2015). *Cours et exercices corrigés* (9th ed.).

Bouréma, K., Bandiougou, D., Abdoulaye, N., Moumoune, S., & Oumar, K. A. (2021). Déterminants de l'adoption des Variétés Améliorées de Maïs dans la Région de Sikasso Mali. *European Scientific Journal ESJ*, *17*(9), 40–53.

https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n9p40

Boussard, J. M. (1979). *Risk and uncertainty in progamming models: a review in Roumasset, Boussard, Sigh, 1979.*

Bragdon, H. S., & Smith, C. (2015). *L'innovation des petits exploitants agricoles*. *Novembre*, 24.

Carney, D. (1998). *Implementing the sustainable livelihoods approach. In D. Carney, (éds). Sustainable rural livelihoods: what contribution can we make?* Department for International Development, Londres.

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). *From metaphor to measurement: resilience of what to what?*. *Ecosystems*. *4(8)*, 765–781.

Cozzens, S., & Sutz, J. (2012). *Innovation in informal settings: a research agenda. Ottawa, CA: IDRC.*

Degrande, A. (2016). *Innovation pour la Résilience climatique : L ' Agriculture de conservation au Tchad et au Soudan*. *August*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4263.7041

Duflo, E., Kremer, M., & Robinson, J. (2008). How High are Rates of Return to Fertilizer? : Evidence from Field Experiments in Kenya. *American Economic Review*, *98*(2), 482–88.

Dugué, M.-J. (2012). Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne. *Agronomie et Vétérinaires sans Frontières*, 49. https://www.avsf.org/public/posts/700/caracterisation-des-strategies-d-adaptation-au-changement-climatique-en-agriculture-paysanne.pdf

Eldin, M. (1989). *Analyse et prise en compte des risques climatiques pour la production végétale. Editions ORSTOM. Collections à travers champs. Pp. 47-63. Paris*.

FAO. (2008). *Climate change adaptation and mitigation in the food and agriculture sector* (Issues 3-5 june).

FAO. (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Recommendations and implications*. 421–428. https://doi.org/10.1111/nbu.12063

FAO. (2016). *Adapter L'Agriculture Au Changement*. 1–13. www.fao.org/climate-change

FAO. (2018). *Symposium international sur l'innovation agricole au service des agriculteurs familiaux: libérer le potentiel de l'innovation agricole pour atteindre les objectifs de développement durable*. *June*, 1–9.

FAO, 2020. (2020). *L'innovation dans l'agriculture et dans les systèmes alimentaires au service de la réalisation des objectifs de développement durable*.

FENNI, M., & MACHANE, Y. (2010). Changement climatique et agriculture de conservation.

In *Agronomie* (Vol. 0). Université Ferhat Abbas.

Gallopín, G. C. (2006). *Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Global environnemental change*. *16(3)*, 293–303.

Garmezy, N., & Masten, A. S. (1986). *Stress, competence, and resilience: Common frontiers for therapist and psychopathologist. Behavior Therapy*. *17(5)*, 500–521.

GIEC. (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse*.

GIEC. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse*.

GIEC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution du groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Cambridge/New York, Royaume-Uni/USA, Cambridge University Press.

GIEC. (2019). *Changement climatique et terres émergées*.

Grist, N., & Harvey, B. (2017). *Encadrer l'innovation liée à la résilience climatique pour les agriculteurs ' du Sahel*.

Hervé, B., & Vial, A. (2019). *Innovation en agriculture*. 90.

Hicks, J. R. (1946). *Value and Capital, 172 p. Clarendon Press, Oxford* (2nd ed.).

Holling, C. S. (1973). *Resilience and stability of ecological systems, Annual Review of Ecology and Systematics*. *4*, 23.

Houndénou, C. (1999). *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de géographie, UMR 5080, CNRS « climatologie de l'Espace Tropical »*. Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon, 341 p.

Issa, M. S. (1995). *Impacts potentiels d'un changement climatique dû au doublement du CO2 atmosphérique sur l'agriculture en République du Bénin. Mémoire de DESS.* Université Senghor d'Alexandrie, 113 p.

Issoufou, O. H., Boubacar, S., Adam, T., & Yamba, B. (2017). Determinants de l'adoption et impact des varietes ameliorees sur la p roductivite du mil au Niger. *African Crop Science Journal*, *25*(2), 207. https://doi.org/10.4314/acsj.v25i2.6

Jeans, H., Castillo, G. E., & Thomas, S. (2017). L'avenir est un choix. © *Oxfam International*, *Janvier*, 1–8. www.oxfam.org

Josué, D. (2019). *Effets de l'intensification de l'agriculture sur l'alimentation et les revenus des producteurs de sorgho dans le cercle de koutiala : mémoire*. Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou.

Juma, C., Tabo, R., Wilson, K., & Conway, G. (2013). *Innovation for Sustainable Intensification in Africa, The Montpellier Panel, Agriculture for Impact, London.* 28. www.ag4impact.org

Karim, M., Sarwer, R. H., Phillips, M., & Belthon, B. (2014). Profitability and adoption of improved shrimp farming technologies in the aquatic agricultural systems of southwestern Bangladesh. *Journal of Aquaculture*, *428–429*, 61–70.

Kassie, M., Shiferaw, B., & Muricho, G. (2011). Agricultural Technology, Crop Income, and Poverty Alleviation in Uganda. *World Development*, *39*(10), 1784–1795. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.04.023

Khonje, M., Manda, J., Alene, A. D., & Kassie, M. (2015). Analysis of Adoption and Impacts of Improved Maize Varieties in Eastern Zambia. *World Development*, *66*, 695 706-706. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.09.008

Lallau, B., & Thibaut, E. (2009). La résilience en débat : quel devenir pour les agriculteurs en difficulté? *Revue d'Etudes En Agriculture et Environnement*, *90*(1), 79–102.

Mendola, M. (2007). Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity-score matching analysis for rural Bangladesh. *Food Policy*, *32*(3), 372–393. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.07.003

MINEAGRIE. (2019). *Troisième communication nationale sur les changements climatiques*.

Muzari, W., Gatsi, W., & Muvhunzi, S. (2012). The impacts of technoloy adoption on smallholder agricultural productivity in Subsaharan Africa: A review. *Journal of Sustainable Development*, *5*(8), 69–77. https://doi.org/10.5539/jsd.v5n8p69

Ndèye, F. F.-M. (2017). *Les déterminants et l'impact de l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho dans le bassin arachidier du Sénégal : Thèse de Doctorat*. Université cheikh anta diop de Dakar.

Nielson, P., Chino, T., Brown, M. M., Wieezorek-zeul, H., Kabbaj, O., Johnston, D., Hoeven, A. van A. der, Zhang, S., Benn, H., & Töpfer, K. (2002). *Pauvreté et changements climatiques : Réduire la vulnérabilité des populations pauvres par l'adaptation*.

Niragira, S. (2011). *Optimizing Land Use Among Small Scale Farms Through Agricultural Specialization in the North of Burundi.* 68.

NKURUNZIZA, J. de D. (2021). *Note de cours de statistique appliquée*.

Ogouwalé, E. (2004). *Changements climatiques et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional.* Mémoire de DEA, UAC/EDP/FLASH, 119 p.

Ogouwalé, E. (2006). *Changement climatique dans le bénin méridionale et central :*

indicateurs, scenerios et perspectices de la sécurié alimentaire. 320 p. Université d'Abomey-calavi.

OMS. (2008). *Comité régional de l'Europe: cinquante-huitième session. 15–18.*

PNUD. (1997). *Manuel d'analyse de la pauvreté. Applications au Bénin.*

Rea, L. M., & Parker, R. A. (2014). *Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide* (Fourth Edi). Jossey-Bass.

Reij, C., Scoones, I., & Toulmin, C. (1996). *The Zaï a traditional technique for the rehabilitation of degraded land in the Yatenga, Burkina Faso. Sustaining the Soil; Indigenous Soil and Water Conservation in Africa London: Earthscan. 264 p.*

République du Burundi. (2018). *Plan National de Développement du Burundi (PND Burundi 2018-2027).*

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (Third Edit).

Senahoun, J. (1994). *Risques, pratiques anti-risques et attitudes des paysans face aux risques sur le plateau Adja. 146 p. Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA/UNB.* Université d'Abomey-calavi.

SLIMANI, I. (n.d.). *FICHE PRATIQUE : Constitution d'un échantillon*.

South, J., Jones, R., Stansfield, J., & Bagnall, A. (2018). *What quantitative and qualitative methods have been developed to measure health-related community resilience at a national and local level?*

Thibaut, S. P., Deney, A., & La, O. M. (2004). *Ménage et chef de ménage : Deux notions bien ancrées. « Travail, genre et sociétés »*. *1*(11). https://doi.org/10.3917/tgs.011.0063

UNESCO, & ONU-Eau. (2020). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2020 : L'eau et les changements climatiques.* Paris, UNESCO.

Vaillant, J. (2010). *Eléments de statistique. Fichier de cours, 79 p.*

Verma, V. (2009). *L'échantillonnage pour les enquêtes auprès des ménages sur le travail des enfants* (1st ed.).

Warner, A. T. (2017). *Monitoring Humanitarian Innovation*.

Wilfred, N. (2014). *Indicateurs de la sécurité alimentaire. Atelier régional Elevage, moyens d'existence et nutrition humaine*. 5-7 Novembre 2014 Dakar, Sénégal.

Yaro, R. (2019). *Résilience des agriculteurs face aux changements climatiques : un exemple d'application au Burkina Faso : mémoire*. Université Laval.

ANNEXE

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE SUR : « EFFETS DES INNOVATIONS EN MATIERE DE RESILIENCE DE L'AGRICULTURE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES. »

I. LOCALISATION DU MENAGE

1. Date de l'enquête [_____[_____[_____]_____]_____]_____]
2. Nom du chef de ménage…….
3. Nom de la province……
4. Nom de la commune……..
5. Nom de la Colline……..

I. IDENTIFICATION DU MENAGE

1. Inventaires des membres du ménage

Membres du ménage	**Age**	**Genre**	**Situation matrimoniale**	**Lien de parenté avec le chef du ménage**	**Niveau de formation**	**Activité principale au cours de l'année 2020**	**Activité 2aire au cours de l'année 2020**
Chef du ménage	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
Son épouse	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
Enfants de la famille							
1.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
2.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
3.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
4.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
5.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
6.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
7.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
8.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
Autres membres du ménage							
1.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
2.	[___]___]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]	[____]
3	[___][__]	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]

N.B : Il faut préciser le nombre d'enfants qui sont dans la famille et le nombre d'enfants qui sont à l'école

Il faut aussi préciser le nombre d'actifs dans le ménage c à d le nombre de membres du ménage travaillant avec le chef dans son exploitation agricole y compris le chef ménage

N.B : Veuillez toujours commencer par le plus âgé pour les enfants et membres du ménage

II. SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE DE L'ENQUETE

A. Caractéristiques de l'habitation, moyen de communication, moyens de déplacement et autres investissements

	Questions	Réponses
1.	Quel est le type dominant du mur de votre habitation ?	1. En dur (brique cuite/pierres/béton, ciment, etc) [__] 2. Briques adobes [__] 3. Bois et boue [__] 4. Tôle [__] 5. Planche en bois, végétaux ou bambou [__] 6. Autre [__]
2.	Quel est le type dominant de la toiture de votre habitation ?	1. Tôle [__] 2. Tuiles [__] 3. Palme, chaume, paille, planches en bois [__] 4.Autre [__]
3.	Quel est l'état dominant du parterre de votre habitation ?	1. Carreaux [__] 2. Ciment [__] 3. Dallettes[__] 4. Terre, sable[__] 5.Autre[__]
4.	Quels sont les moyens de communication disponible dans votre ménage ?	1. Orale (face à face) [__] 2. Écriture [__] 3. Téléphone [__] 4. Poste radio [__] 5. Poste téléviseur [__]
5.	.Quels sont les moyens de transport/déplacement disponible dans votre ménage ?	1. Sans 2. Vélo 3. Moto 4. Voiture 5. autre
6.	Quels types de machines avez-vous dans votre ménage ? [__] combien ? [__]	1. Moulins 2. Machine à coudre 3. Machine à écrire 4. sans
7.	Possédez-vous de bétail dans votre ménage ?	1=oui 0=non [__]
8.	Nombre de têtes de bétail	1. Vaches [__] 2. Chèvres [__] 3.Moutons [__] 4.Porcs [__] 5.Volailles [__] 6.Lapins[__] 7. cobayes 8.Autre [__]
9.	combien de repas prenez-vous par jours?	…….
10.	Avez-vous aumoins une parcelle dans le périmètre irrigué?	1=oui 0=non [__]
11.	Si oui, quelle est sa superficie en m^2	…….
12.	Avez-vous une toilette?	1=oui 0=non [__]
13.	si oui, comment est son état?	1. Toilette à siège 2. Améliorée avec murs et toiture 3. Avec murs sans toiture 4. Fosse sans murs ni toiture 5. Brousse/sans latrine Autre, à préciser

A. SANTE

14.	Est-il facile pour vous d'accéder au soin de santé en cas de besoin ?	1=oui 0=non [__]
15.	Quel est le temps qu'il vous faut pour arriver à l'établissement sanitaire le plus près de chez vous ? (en minute)	**……**
16.	Êtes-vous en possession d'une CAM, Mutuel ou autre document vous facilitant l'accès au soin de santé ?	1=oui 0=non [__]
17.	Êtes-vous satisfait du nombre d'établissement sanitaire qui sont dans votre localité ?	1=oui 0=non [__]
18.	Trouvez-vous qu'il y a assez du personnel soignant dans l'établissement sanitaire la plus proche de chez vous?	0. Pas assez 1. Assez
19.	Êtes- vous satisfaits de l'accès aux soins de santé?	1=oui 0=non [__]

B. SCOLARITE

20.	Parmi vos enfants, combien sont au banc de l'école ?	**……**
21.	Quel est le temps qu'il faut vous pour arriver à l'école la plus près de chez vous ? (en minute)	**……**
22.	Êtes-vous satisfait du nombre d'école qui sont dans votre localité ?	1=oui 0=non [__]
23.	Êtes-vous satisfait de l'accès à la scolarité de vos enfants?	1=oui 0=non [__]
24.	Quelqu'un de votre ménage a dû abandonner l'école aucours de l'année passée. Si oui pourquoi	1=oui 0=non [__]

III. AGRICULTURE

A la fin de la dernière année de production,	
1. Votre ménage avait-il accès à la terre ?	***1=oui, 0=non*** [___]
2. Si oui, combien de parcelles possédait-il votre ménage?	[___]
3. Emplacement et superficie de chaque parcelle :	
4. a Bénéficiez-vous des formations agricoles	***1=oui, 0=non***
4.a1 bénéficiez-vous d'un projet de développement	***1=oui, 0=non***
4.b. Bénéficiez-vous des conseils agricoles (choix des cultures ; choix des animaux ; itinéraires techniques)?	***1=oui, 0=non*** [___]
4. c. Évaluer la qualité du conseil :	1=bon, 2= très bon, 3= mauvais, 4=très mauvais
Depuis quand pratiquez-vous l'irrigation?	
Est-ce que vous payez pour bénéficier l'irrigation?	1. Oui ; 2. Non
Appartenez-vous à un groupement villageois de producteurs?	1. Oui ; 2. Non

Êtes-vous en Contact avec les agents de vulgarisation, de recherche et des projets/ONG?	1. Oui ; 2. Non
Si oui, comment évaluez-vous cet accès?	1. Très cher 2. Cher 3. Moins cher
Quelles sont les pratiques modernes qui ont été introduites dans l'agriculture? (engrais minéral, microdosage…)	1. Utilisation de semences améliorées ; 2. Engrais minéral ; 3. Microdosage ; 4. Mécanisation (multiculteur, semoir, etc.) ; 5. Irrigation 6.Fumure organique + fumure minéral 7. Autres (à préciser)
De ces techniques modernes laquelle est la plus pratiquée aujourd'hui ?	1. Oui ; 2. Non
Mode d'exploitation du marais (Etat de faire valoir)	**1.** Propriétaire 2. Métayage 3.Fermage 4.Prêt 5.Autre
La technique d'irrigation fait partie des pratiques les plus utilisées dans votre village ?	1. Oui ; 2. Non
L'aménagement du marais a été gratuit?	1. Oui ; 2. Non
Si Oui, quels sont les équipements utilises ?	1. avec les mains, 2. Pompes d'irrigation, 3. Vannes pour irrigation ; Autres (à préciser)
Y a-t-il des subventions à l'irrigation?	1. Oui ; 2. Non
Quel est le cout de l'investissement?	…….
Percevez-vous que l'irrigation améliore la productivtié?	1. Oui ; 2. Non
Si oui, Quelles sont vos perceptions sur l'irrigation	1. Augmente le rendement 2. Dégage un surplus commercial 3. Effet positif sur la fertilité du sol 4. Valorisation de l'effort humain
Les innovations agricoles (irrigation, engrais minéral, variétés améliorées, microdosage… améliore la vie socio-économique(le logement décent, la santé, la scolarité, bétail, moyen de transport,…)?	1. Oui ; 2. Non
Les innovations agricoles (irrigation, engrais minéral, variétés améliorées, microdosage…) le rendement agricole?	1. Oui ; 2. Non

1. Culture du Riz (Espace et caractéristiques) (si culture Riz **est de pratique)**

A. Culture Riz

Au cours de la dernière année de production,

6. Avez-vous pratiqué de la culture du Riz ? [___] 1=Oui, 0=Non
7. Si oui, combien de champs du Riz possédait-il votre ménage ? [___]
8. Quelle est la superficie de chaque champ citée en 7 ? [___]
9. Est-ce que vous cultivez la même variété du riz ?
10. Quelles sont les variétés des riz qui étaient cultivées au cours de la dernière année de production ?

11. Parmi ces parcelles, combien ont été rénovées au cours des cinq dernières années ? [___]
12. Parmi ces parcelles, combien ont été réhabilitées au cours des cinq dernières années ? [___]
13. Parmi ces parcelles, combien ont été récoltées au cours de la dernière année de production ? [___]
14. Avez-vous planté des variétés améliorées au cours des 5 dernières années ? [___] 1=Oui, 0=Non
15. Si oui, lesquelles ? Citez
16. Cultivez-vous le riz en ligne (Semis en ligne) ?

B. Production et vente du riz

Au cours de la dernière année de production,

16a. Savez-vous combien vous avez produit dans chacune de vos parcelles du riz ? [___] 1=Oui, 0=Non
16 b si oui, Quelle quantité du riz avez-vous récolté dans chaque parcelle?
17. Combien de ventes de riz avez-vous réalisé pour le riz produit? [___]
18. A qui vous vendiez le riz récolté ? [___]
19. Dans cette vente, le riz a été vendu comme certifié ? [___] 1=oui, 0=non
20. Connaissiez le prix d'un Kg de riz sur le marché ? [___]
21. Quelle est la quantité totale de riz vendue? [___] en kg
22. Le ménage produit le riz combien de fois par an ? (combien de saisons)
23. Le ménage a-t-il produit du riz au cours de la dernière année de production qui n'a pas été vendu et n'a pas été déclaré dans la section des ventes ? [___] 1=oui, 0=non
24. a. Si oui, Quelle est la quantité totale de riz invendue ? [___] en kg
24. a. Quelle est quantité totale de riz consommé (autoconsommé) ?

2. Autres cultures

A. Production Autres cultures

25. Le ménage a-t-il pu obtenir une récolte provenant des autres cultures autres que le Riz?

[___] 1=Oui, 0=Non

26. Si oui,

Production Cultures	Evolution de la production	Saison A/Saison B/Saison			
		Qté produite (en kg)	Qté vendue(en kg)	Stock (en kg)	Prix/kg (en Fbu)
cultures vivrières	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
Cultures industrielles	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
Cultures fruitières	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
Cultures maraichères	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
Pâturage/fourragère	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
Boisement ou foret naturelle	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]

N.B Il faut demander la superficie occupée par chaque culture pour calculer le rendement

IV. La production du Bétail

27. Au début de la dernière année de production, le ménage possédait-il des animaux d'élevage? [___] 1=Oui, 0=Non

28. Si oui, lesquels ? [___] 1=Gros bétail, 2=Petit bétail, 3=Autres animaux

29. Quel est le revenu provenant de la vente du gros bétail au cours de la dernière année? [___]

30. Quel est le revenu provenant de la vente du petit bétail au cours de la dernière année? [___]

31. Quel est le revenu provenant des sous-produits des animaux d'élevage au cours de la dernière année? [_

N.B : Pour le calcul de ces revenus, l'enquêteur a l'intérêt de poser trimestriellement ou semestriellement afin de faciliter la réflexion de l'enquêté.

V. Revenu non agricole (Employé salarié)

32. Est-ce que, au sein du ménage, quelqu'un a travaillé hors de la ferme du ménage contre rémunération (argent, repas ou autre type de rémunération) dans une autre activité agricole ou non agricole au cours de la dernière année de production ? [___] 1=Oui, 0=Non

33. Si ***oui***, Combien travaillent hors de la ferme familiale ? [___]

34.

Membre du ménage salarié	Combien de mois a-t-il travaillé ?	Combien a-t-il reçu en paiement pour ce travail par mois	Fréquence de paiement	Est-ce que le membre a-t-il un emploi non agricole secondaire ? 1=oui, 2=Non	Si Oui, répéter les questions précédentes
1	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
2	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
…	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]

VI. Affaires et Transferts

A. Affaires

35. Au cours de la dernière année de production, quelqu'un dans le ménage a exercé un business ? [___] 1=Oui, 0=Non

36. Si oui, pour le plus important, de quel business s'agit-il ? [___]

37. Pendant combien de mois ce business a-t-il fonctionné au cours de la dernière année de production ? [___]

38. Approximativement, combien a été gagné, par mois, après avoir payé les dépenses? [___]

39. A quelle période a été effectué ce business ?

40. Quelqu'un d'autre dans le ménage exerçait-il un business ? [___] 1=Oui, 0=Non

41. Si oui, pour le plus important, de quel business s'agit-il ? [___]

B. Transferts

42. Au cours de la dernière année de production, le ménage a-t-il reçu des transferts monétaires de sources privées ou publiques [___] 1=Oui, 0=Non

43. Si oui, de quelles sources ? [___]

1=Pension publique, 2=Pension privée, 3=Allocation familiale, 4=cadeaux, 5=Autres (Préciser)

	Pension publique	Pension privée	Allocation familiale	Cadeaux	Autres (Préciser)
Montant (en Fbu)	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]
Fréquence	[___]	[___]	[___]	[___]	[___]

VII. Consommation alimentaire

CAM1. Hier, combien de repas ont été pris tout le jour ?			Par les enfants (<5ans) [__]__]	Par les enfants (5-15ans) [__]__]	Par les Q (>15ans) [__]__]
Score de Diversité et de Consommation Alimentaire des Ménages (SDAM, SCA) **<u>Codes CAM.C : Source principale</u>** 1=Propre production (agricole, animale), 2=Achat en espèce, 3=Emprunt/Achat à crédit, 4=Troc de travail ou biens contre des aliments, 5=Dons des parents/Famille/Amis, 6=Aide alimentaire (PAM, ONG, …), 7=Chasse/Pèche/Cueillette, 8=Autres à préciser) **<u>Codes CAM.D : Motif de non consommation de l'aliment</u>** 0=Ne sais pas, 1=Prix élevé, 2=Produit de mauvaise qualité, 3=Habitude alimentaire, 4=Revenus insuffisants, 5=Produit disponible sur le marché, 6=Mendicité, 7=Autre à préciser		CAM. A Hier, pendant le jour et la nuit votre ménage a-t-il consommé les aliments suivants ? **(SDAM)** **1=oui, 0=non**	CAM.B Durant les 7 derniers jours, pendant combien de jours avez-vous consommé les aliments suivants **(SCA)**	CAM.C Durant les 7 derniers jours, quelle était la principale source des aliments consommés **CODES Source principale**	CAM.D Pourquoi principalement ne consommez-vous pas ce produit ? **Motif de non consommation**
CAM2. Groupes d'Aliments					
2.1	Céréales : maïs, riz, blé/pain, sorgho, etc.	[___]	[___]	[___]	[___]
2.2	Racines et tubercules blanches : manioc, patate douce à chair blanche, igname,	[___]	[___]	[___]	[___]

	pomme de terre, banane/plantain, colocase				
2.3	Légumineuses : haricots, arachides, sésame, et/ou noix (acajoux)	[___]	[___]	[___]	[___]
2.4	Légumes a feuilles vertes : feuilles de haricots, du manioc, lengalenga, etc	[___]	[___]	[___]	[___]
2.5	Légumes et tubercules riches en Vit A (couleur orange) : carotte, citrouille, courge, patate douce jaune/orangé	[___]	[___]	[___]	[___]
2.6	Autres légumes : Ognon, tomates, concombre, haricot vert	[___]	[___]	[___]	[___]
2.7	Fruits riches en Vit. A (couleur orange) : mangue mure, papaye, abricot (isarasi)	[___]	[___]	[___]	[___]
2.8	Autres fruits : banane mure, pomme, citron, mandarine, orange, pastèque, melon, etc.	[___]	[___]	[___]	[___]
2.9	Viande : chèvres, bœufs, poules, mouton, porc, canard, dindon, …	[___]	[___]	[___]	[___]
2.10	Œufs	[___]	[___]	[___]	[___]
2.11	Poisson/crustacés : autre fruit de mer, thon en boite	[___]	[___]	[___]	[___]
2.12	Abats : foie, rognon, cœur et/ou autres abats rouges	[___]	[___]	[___]	[___]
2.13	Lait et autres produits laitiers : lait frais, yaourt, fromage, autres produits laitiers, sauf (margarine/beurre ou de petite quantité de lait pour le thé/café)	[___]	[___]	[___]	[___]
2.14	Huile/graisse/beurre : huile de cuisson, beurre, margarine, autres graisses/huile animale ou végétale	[___]	[___]	[___]	[___]
2.15	Sucre ou produit sucré : sucre, miel, confiture, bonbons, biscuits sucrés, pâtisseries, gâteaux et autres produits sucrés, canne à sucre	[___]	[___]	[___]	[___]
2.16	Insectes : termite, éphémères sauterelles, chenilles, criquets pèlerins, ubunyabobo, larves d'abeilles	[___]	[___]	[___]	[___]

Production et sécurité alimentaire

1	Quel est la source de la nourriture que vous mangez?	Notre production principalement Achat au marché A la foi la production et achat Assistance Autre à préciser
2	Quel est le nombre de repas pris par jour par les membre du menage?	Un repas par jour Deux repas par jour trois repas par jour Quatre repas ou plus par jour
3	les enfants et les adultes prennent-ils la même nombre de repas?	OUI NON, les enfants prennent plus de repas que les adultes NON,les adultes prennent plus de repas que les enfant
4	Si non, donner le nombre de repas	Pour les enfants……. Pour les adultes…….
5	Prenez-vous le repas diversifié	1. Oui 2. Non 3. Rarement
6	Quelle est la principale contrainte (le cas échéant) pour que votre famille adopte une alimentation diversifiée et nutritive:	1. Nous n'avons pas assez de terres pour cultiver et / ou n'avons pas les moyens de payer du bétail. 2. Je préfère produire uniquement des céréales, des haricots,…. 3. Les aliments nutritifs (fruits, légumes, lait, œufs, viande, poisson) sur le marché sont trop chers. 4. Les aliments nutritifs (fruits, légumes, lait, œufs, viande, poisson) sur le marché sont trop chers. 5. Je ne sais pas ce qui est nutritif et ce qui ne l'est pas. 6. Autre
7	Y a-t-il des moments dans l'année où vous et / ou votre famille avez faim?	1. Oui 2. Non
8	si OUI, combien de mois?	…….

VIII. RESILIENCE AUX CHOCS

1	. Avez-vous subi des chocs climatiques au cours de 10 dernières années ?	1. Oui 2. Non 3. Ne sait pas
2	Quels sont les chocs agroécologiques auxquels vous avez été confrontés dans les 10 dernières années ?	1. Sécheresse 2. Inondations 3. Érosion 4. Excès de pluie 5. Maladies des plantes 6. Ravageurs des plantes 7. Maladies des animaux 8. Autre (préciser)
3	Existe-t-il déjà des techniques / mécanismes / bonnes pratiques pour faire face au changement climatique à long terme?	1. Oui 2. Non 3. Ne sait pas
4	Si oui, lesquels	1. Changement des pratiques culturales 2. Changement des variétés 3. Techiniques de conservation du sol 4. Atténuation du changement climatique 5. Autre (à préciser)
5	Le gouvernement (et / d'autres parties prenantes) aide-t-il les agriculteurs à faire face à l'impact négatif du changement climatique?	1. Oui 2. Non 3. Ne sait pas
6	Si oui, comment:	1. Subventions et autres intrants 2. Soutien aux activités extra-agricoles 3. Formation agricole 4. Suivie aux activités agricoles (coaching) 5. Autre
7	Êtes-vous satisfaits de l'intervention	1. Oui 2. Non 3. Ne sait pas
8	Avez-vous des commentaires / suggestions pour accroître la sécurité foncière et la performance et la durabilité de l'agriculture au Burundi en général et dans votre commune / zone / communauté en particulier?	1. Oui 2. Non 3. Ne sait pas
9	Si oui, commentaires	……

IX. CLIMAT Vs AGRICULTURE

1	Avez-vous déjà reçu une formation sur l'agriculture sensible au climat ou le changement climatique?	1. Oui 2. Non 3. Ne sait pas
2	Si oui, laquelle	1. la conservation du fourrage et l'utilisation des résidus de culture 2. la gestion des pâturages et le paddocking 3. le compostage 4. Sensibilisation au changement climatique 5. la conservation des sols 6. la gestion du fumier 7. pépinière, plantation et gestion d'arbres 8. Gestion responsable et intégrée de la Fertilité des sols (GIFS) 9. Autre
3	Est-tu familié aux techniques suivantes sur l'agriculture sensible au climat	1. Rotation de diversification des cultures 2. Culture et variété adaptées au conditions rudes 3. Agroforesterie 4. Gestion du fumier 5. Gestion responsable et intégrée de la Fertilité des sols
4	Quelles sont les techniques que vous utilisez dans votre exploitation	1. Rotation de diversification des cultures 2. Culture et variété adaptées au conditions rudes 3. Agroforesterie 4. Gestion du fumier 5. Gestion responsable et intégrée de la Fertilité des sols
5	Quels sont les principaux avantages de la diversification et rotation des cultures	.....
6	Quels sont les principaux inconvénients de la diversification et rotation des cultures	……
7	Quels sont les avantages des variétés adaptées aux conditions rudes	……..
8	Quels sont les inconvénients des variétés adaptées aux conditions rudes	……
9	Quels sont les principaux avantages de l'Agroforesterie	……
10	Quels sont les principaux inconvénients de l'Agroforesterie	……...
11	Quels sont les principaux avantages de l'aménagement du fumier	……..
12	Quels sont les principaux inconvénients de l'aménagement du fumier	……...
13	Y'a-il un ou des techniques que vous utilisiez dans le passé mais que vous avez abandonné?	1. Rotation de diversification des cultures 2. Culture et variété adaptées aux conditions rudes 3. Agroforesterie 4. Gestion du fumier 5. Gestion responsable et intégrée de la Fertilité des sols
14	Y-a-il une technique nouvelle que vous aimeriez introduire?	1. Rotation de diversification des cultures 2. Culture et variété adaptées au conditions rudes 3. Agroforesterie 4. Gestion du fumier 5. Gestion responsable et intégrée de la Fertilité des sols
15	Y a-t-il des cultures abandonnées à cause de changement climatique ?	…….
16	Avez-vous introduit de nouvelles cultures plus résistantes au changement climatique ?	……