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

Impact des innovations agro écologiques sur la production agricole et l'environnement dans les contreforts de Mumirwa

Nzoyikunda, Hypax

2023-08
UB, Faculté des sciences économiques et administratives
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/445

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

MASTER EN ECONOMIE RURALE, SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE

IMPACT DES INNOVATIONS AGROECOLOGIQUES SUR LA PRODUCTION AGRICOLE ET L'ENVIRONNEMENT DANS LES CONTREFORTS DE MUMIRWA

Par :

NZOYIKUNDA Hypax

Mémoire

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

Option : Economie de l'environnement et des ressources naturelles

Sous la direction du :

Dr MANIRAKIZA Dismas

Bujumbura, Août 2023

MEMBRES DU JURY

Président : Pr. Willy Marcel NDAYITWAYEKO

Directeur : Dr Dismas MANIRAKIZA

Secrétaire : Dr Pierre Claver BITAMA

DEDICACES

A mes chers parents ;

Mes frères et sœurs ;

Mes oncles et tantes ;

A tous mes amis et collègues sans exception pour votre charme et patience.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, louange à « Dieu le Tout Puissant » qui m'a guidé sur le bon chemin tout au long de ce travail et m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes.

Je veux exprimer ma profonde gratitude à mon directeur le Docteur MANIRAKIA Dismas pour sa confiance et les possibilités qu'il m'a accordées durant la période de réalisation de ce mémoire avec toute sa patience ;

Aux éducateurs qui nous ont formés depuis l'école primaire jusqu'au cycle de Master à l'Université du Burundi, Faculté des Sciences économiques et pour la formation tant scientifique que morale qu'ils nous ont dispensée. Nous leur adressons notre reconnaissance et sympathie.

Que mes parents, mes frères et sœurs trouvent dans ce travail mes vifs remerciements pour avoir pris cette belle initiative de nous envoyer à l'école. Nous disons sincèrement merci.

Enfin, nous tenons à remercier vivement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

RESUME

L'agriculture est au cœur de la vie. Son importance à travers le monde et au Burundi, est indéniable. En plus de sa fonction nourricière, elle incarne un pilier important de l'économie et un gagne-pain pour les gens qui décident d'en faire une vocation. De la production à la transformation, l'agriculture représente de surcroît un secteur d'emplois importants et elle est ancrée dans l'identité des communautés. En raison des pressions et préoccupations environnementales qui découlent de son modèle dominant, l'agriculture est également à la croisée des chemins : les systèmes de production industriels ne sont pas viables. La dégradation des sols, la perte de biodiversité, la contamination de l'eau, les résidus de pesticides, le recours aux organismes génétiquement modifiés et la participation aux changements climatiques sont au nombre des réprobations.

Ce mémoire vise à analyser l'impact les innovations agro écologiques sur la production agricole et l'environnement dans le Mumirwa dans le but de pallier aux aléas climatiques, de conserver les ressources naturelles et d'avoir un développement durable.

L'approche méthodologique pour le travail de terrain a consisté en des échanges (les focus groups et les enquêtes individuelles) et en une visite dans les champs des producteurs des trois communes de Bubanza (Bubanza, Musigati et Rugazi) et des ONGs qui y interviennent. Les pratiques agro écologiques comme le développement des fermes agro écologiques (l'agroforesterie, l'association et la rotation des cultures, les courbes de niveau, les haies vives), les biofertilisants, et les bio pesticides sont identifiées dans la zone d'étude. La méthode des moindres carrées ordinaires ont été utilisées pour l'analyse de l'impact des innovations agro écologiques sur la production agricole. Pour analyser l'impact sur l'environnement, nous nous sommes référés sur les résultats de laboratoire de l'ISABU des échantillons du sol apportés par ADISCO avant et après la plantation du haricot en utilisant d'une part la fumure organique et d'autre part les engrais chimiques.

Les résultats ont montré que les pratiques agro écologiques ont un impact positif sur la production agricole et permettent une amélioration de la fertilité des sols. Après une année d'adoption, les statistiques montrent que la production du haricot a augmenté de 21%. Le carbone en pourcentage est élevé de 2,04 à 2,51 et l'azote total en pourcentage est élevé de 0,332 à 2. Le sol qui s'enrichit en matière organique, assure une meilleure production agricole.

Mots clés : Agro écologie, Innovation, Changement climatique, Environnement, Production.

ABSTRACT

The agriculture is at the heart of life. Its importance throughout the world, and in Burundi, is undeniable. In addition to its nurturing function, it embodies an important pillar of the economy and a livelihood for people who decide to make it a vocation. From production to processing, agriculture also represents an important employment sector and is anchored in the identity of the communities. Due to the environmental pressures and concerns that arise from its dominant model, agriculture is also at a crossroads: industrial production systems are not viable. Soil degradation, loss of biodiversity, water contamination, pesticide residues, use of genetically modified organisms and participation in climate change are among the disapprovals.

This dissertation aims to analyze the impact of agro-ecological innovations on agricultural production and the environment in Mumirwa in order to mitigate climatic hazards, conserve natural resources and achieve sustainable development.

The methodological approach for the field work consisted of discussions (focus groups and individual surveys) and a visit to the fields of producers in the three communes of Bubanza (Bubanza, Musigati and Rugazi) and the NGOs that operate there. Agro-ecological practices such as the development of agro-ecological farms (agroforestry, crop association and rotation, contour lines, living hedges), biofertilizers, and bio-pesticides are identified in the study area. The ordinary least squares method was used to analyze the impact of agroecological innovations on agricultural production. To analyze the impact on the environment, we referred to the ISABU laboratory results of the soil samples brought by ADISCO before and after planting the beans using organic manure on the one hand and chemical fertilizers on the other.

The results showed that agro-ecological practices have a positive impact on agricultural production and improve soil fertility. After one year of adoption, statistics show that bean production has increased by 21%. Percent carbon is elevated from 2.04 to 2.51 and percent total nitrogen is elevated from 0.332 to 2. The soil, which is enriched with organic matter, ensures better agricultural production.

Keywords: Agroecology, Innovation, Climate change, Environment, Production.

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES ..... **ix**
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **x**
AVANT-PROPOS ..... **xii**
CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE **1**
I.1. Contexte et justification 1
I.2. Problématique 4
I.3. Hypothèses 7
I.4. Objectifs du travail 7
I.5. Intérêt du sujet 8
I.6. Structure du mémoire 9
I.7. Cadre conceptuel et théorique de la recherche 9
CHAPITRE II. REVUE DE LA LITTERATURE **11**
II.1. Concept de l'agroécologie 11
II.1.1. Agroécologie en tant que science, pratiques agricoles et mouvement social 11
II.1.1.1. Dimension scientifique de l'agroécologie 11
II.1.1.2. Agroécologie comme pratiques agricoles 12
II.1.1.3. Agroécologie en tant que mouvement social 13
II.1.1.4. L'agroécologie comme solution 14
II.1.2. Obstacles au développement de l'agroécologie 16
II.2. L'innovation pour la transition 17
II.2.1. Définition 17
II.2.2. L'innovation dans les systèmes agricoles 18
II.3. Pratiques agroécologiques d'adaptation au changement climatique 19
II.3.1. Adaptation, résilience et agroécologie 19
II.3.2. Pertinence de l'agroécologie pour l'adaptation au changement climatique 20
II.4. production agricole 21

II.4.1. Introduction 21
II.4.2. Surplus du producteur et surplus économique total 21
II.5. L'agriculture paysanne 22
II.6. L'agriculture de conservation 23
II.6.1. Principes 23
II.6.2. Avantages et désavantages 24
II.7. L'agriculture familiale 24
II.7.1. Définition 24
II.7.2. Rôles complémentaires 25
II.8. Ressources en eau 26
II.8.1. Introduction 26
II.8.2. Situation des ressources en eau au Burundi 26
II.8.3. Potentiel et Usage de l'eau 27
II.9. Agriculture au Burundi 30
II.9.1. Introduction 30
II.9.2. La promotion de l'agriculture écologique au Burundi 32
II.9.3. Pratiques agroécologiques au Burundi 34
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES 40
III.1. Présentation de la zone d'étude 40
III.1.1. Justification du choix de la zone d'étude 40
III.1.2. Description de la zone d'étude 40
III.1.3. Climat 41
III.1.4. Végétation 42
III.1.5. Sols 42
III.2. Matériel 43
III.3. Méthodologie de recherche 46
III.3.1. Travail préliminaire 46
III.3.2. Recherches bibliographiques 46
III.3.3. Travail de terrain 46
III.3.3.1. Méthode d'échantillonnage 46
III.3.3.2. Les outils de Collecte des données 47
III.3.3.3. Identification des pratiques agroécologiques et évaluation de la perception des producteurs sur leurs impacts agroenvironnementaux 48

III.3.3.4. Paramètres de la production agricole 49
III.3.3.5. Evaluation de l'impact de l'adoption des pratiques agro écologiques 49
III.3.4. Analyses statistiques et Econométriques 50
III.3.4.1. Les variables du modèle économétrique 50
III.3.4.2. présentation du modèle 51
Conclusion du troisième chapitre 53
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS 54
IV.1. Présentation et analyse des résultats 54
IV.1.1. Les résultats du modèle MCO 54
IV.1.2. Analyse de la significativité des coefficients du modèle 57
IV.1.3. Analyse en composantes principales(ACP) 59
IV.1.4. Pratiques agroécologiques identifiées dans la zone d'étude 60
IV.1.5. Perception des producteurs sur l'impact agroenvironnemental des pratiques agroécologiques 61
IV.1.6. Perception des producteurs sur les difficultés d'adoption de l'agro écologie 64
IV.1.7. Impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole 65
IV.1.8. Impact des pratiques agro écologiques sur l'environnement 69
IV.2. Discussion des résultats 70
IV.2.1. Facteurs de l'adoption de pratiques par les producteurs 70
IV.2.2. Perception des producteurs sur l'importance des pratiques agroécologiques 71
IV.2.3. Impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole 73
IV.2.4. Impact des pratiques agroécologiques sur l'environnement 73
Conclusion du quatrième chapitre 75
CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES 76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 79
ANNEXES 88

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de la revue empirique 38
Tableau 2 : La production des cultures vivrières de 2013 (en tonnes) 44
Tableau 3 : Variables du modèle et modalité 50
Tableau 4: Résultats de l'estimation 54
Tableau 5 : Test de normalité des erreurs 55
Tableau 6 : Test de multi colinéarité 57
Tableau 7: Résultats des estimations statistiques des MCO robuste 58
Tableau 8 : Formation agricole 60
Tableau 9 : Pratique du dfae 60
Tableau 10 : Pratique des biofertilisants 61
Tableau 11 : Pratique des biopesticides 61
Tableau 12 : Perception des producteurs sur les difficultés d'adoption de l'agro écologie 65
Tableau 13 : La moyenne de la production du haricot pour un ménage pratiquant 66
Tableau 14 : La moyenne de la production du haricot pour un ménage non pratiquant 67
Tableau 15 : Etude du sol avant la plantation du haricot 69
Tableau 16 : Etude du sol après la plantation du haricot 69

Liste des figures

Figure 1 : Cadre conceptuel et théorique de la recherche 10
Figure 2 : Surplus du producteur et surplus économique total 21
Figure 3 : Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation 23
Figure 4 : Carte illustrant la localisation zone d'étude 40
Figure 5 : Analyse en composantes principales 59
Figure 6 : Impact agroenvironnemental des fermes agro écologiques 62
Figure 7 : Impact agroenvironnemental des biofertilisants 63
Figure 8 : Impact agroenvironnemental des biopesticides 64
Figure 9 : Evolution de la production du haricot de l'an 2020 à 2022 pour les pratiquants 65
Figure 10 : Production du haricot de l'an 2020 à 2022 pour les non pratiquants 66
Figure 11 : Elevage pour les pratiquants 68
Figure 12 : Elevage pour les non pratiquants 68

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales

ADISCO : Appui au Développement intégral et social sur les collines

AE : Agro Ecologie

ANOVA : Analyse of Variance

BM : Banque Mondiale

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CCNUCC : Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CES/ DRS : Conservation des Eaux et des Sols et Défense et Restauration des Sols

COP : Conférence des Parties

CSLP : Cadre Stratégique de Croissance et de Lutte contre Pauvreté

EC : Engrais Chimique

FAO : Food and Agriculture Organisation

FO : Fumure Organique

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat

IGEBU : L'Institut Géographique du Burundi

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

ISABU : Institut Supérieur Agronomique du Burundi

JFW : Join for Water

MCO : Moindres Carrées Ordinaires

NEPAD : Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique

NO : Numéro d'Ordre

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PCRE : Projet de Conservation des Ressources en Eau

pH : potentiel d'hydrogène

PIB : Produit Intérieur Brut

Prob : Probabilité

RNA : Régénération Naturelle Assistée

SD : Semis Direct

SMDD : Sommet Mondiale de Développement Durable

TCS : Techniques Culturales Simplifiées

TCSL : Technique Culturales Sans Labour

UPH : Université Populaire Haguruka

VIF : Variance Inflation Factor

AVANT-PROPOS

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre du diplôme de Master en Economie Rurale, Sociale, et Environnementale dans la filière de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles à l'université du Burundi. Il porte sur la promotion des pratiques agro écologiques dans les contreforts de Mumirwa. De ce fait, la conservation des écosystèmes des zones tropicales et l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines demeurent une préoccupation majeure pour les artisans du développement durable pendant que la recherche des démarches qui combineraient le bien être des communautés et la protection effective de la biodiversité est restée un défi pour les parties prenantes.

Dans cette optique, la recherche s'est effectuée dans le Programme quinquennal pour la protection des ressources en eau et la restauration des écosystèmes d'eau douce (PCRE) initié par les organisations non gouvernementales à savoir l'ADISCO et JFW.

L'objectif global du projet est de garantir l'accès à l'eau pour l'homme et l'agriculture et de contribuer à la conservation des ressources naturelles liées à l'eau dans la province de Bubanza. C'est à cet effet que nous avons mené nos activités dans la région de Mumirwa, avec pour thème spécifique l'impact des innovations agro écologiques sur la production agricole et l'environnement dans les contreforts de Mumirwa. Des échanges avec des groupements de producteurs et des ONGs intervenant dans l'agroécologie, de même que des suivis des champs de cultures, ont permis de faire un état des pratiques agroécologiques, de leurs impacts et effets agroenvironnementaux et de leur incidence sur la production agricole à partir desquels des références technico-économiques et sociales ont pu être proposées.

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. Contexte et justification

Le droit international sur l'environnement tire son origine de la toute première conférence ayant été organisée à Stockholm en 1972. En effet, ce rassemblement a conduit à la création du Programme des Nations Unies pour l'environnement et a pour la première fois, permis d'élever les questions environnementales au rang des préoccupations internationales (Roxanne, 2019).

Deux décennies plus tard, les principes de Stockholm sont réitérés dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement. Or, sur le plan conceptuel, le texte de 1992 va plus loin et met en évidence le caractère indissociable de la protection de l'environnement et du processus de développement social et économique. C'est l'apparition de la notion de développement durable (CCNUCC, 2018).

Le sommet de Rio marque aussi l'adoption de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (ci-après le « CCNUCC »), laquelle a pour objectif ultime de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. À cette fin, plusieurs conférences des Parties sur les changements climatiques sont ensuite tenues sous les auspices de l'Organisation des Nations Unies, dont la plus connue est certainement la 21^{ième} puisqu'ayant mené à l'adoption de l'Accord de Paris (CCNUCC, 2018).

La nécessité de mettre en œuvre des outils pour protéger l'environnement a donc fait son apparition dans les préoccupations de la communauté internationale depuis un bon moment déjà. Pourtant, malgré la prise de conscience des risques associés à la détérioration des services écosystémiques et des mesures intronisées qui en découlent, l'environnement continue de se dégrader à une vitesse alarmante (Labelle, 2018).

Le déclin de la biodiversité a atteint un point critique et les scientifiques internationaux y voient les signes de la sixième extinction massive. L'évolution récente de la technologie s'accompagne de défis environnementaux importants en ce que le cycle de vie complet de bon nombre de produits comme les pesticides, le plastique ou encore les matériaux électroniques n'est pas pris en compte. En matière climatique, les dérèglements du système se traduisent par « des changements quantifiables dans l'atmosphère, les océans, les calottes glaciaires et les glaciers » (Labelle, 2018).

Des actions « radicales et inédites » doivent être prises immédiatement et à l'échelle mondiale par les gouvernements, les entreprises, les organisations non gouvernementales et les individus. Certains protagonistes réclament une transition énergétique et le délaissement des énergies fossiles, alors que d'autres tentent de minimiser leurs impacts en adoptant un mode de vie zéro déchet ou en renonçant à procréer. L'édification d'un environnement de qualité pour tous les peuples de la planète ne peut échapper à la rénovation appréciable du paradigme dominant de l'agriculture, ce secteur économique ayant été identifié comme le deuxième plus polluant après le secteur de l'énergie (FAO, 2018).

À l'heure des changements climatiques, il n'est plus acceptable de promouvoir une agriculture industrielle et productiviste, puisqu'un tel modèle contribue à l'exacerbation des ressources naturelles et aux émissions de gaz à effet de serre. Sans compter que, dans le même temps, l'agriculture est sensible aux effets des variations météorologiques. Un virage vers des modes de production durables et résilients s'impose. Le rôle de l'agriculture dans la mise en œuvre de l'Accord de Paris a par ailleurs été reconnu lors de la COP23 (CCNUCC, FCCC/CP, 2017).

Une élévation des températures moyennes et de la variabilité pluviométrique sont attendues dans de nombreuses régions du monde selon les scénarios de changement climatique. Ces évolutions sont souvent associées à des évènements climatiques extrêmes plus fréquents. De tels changements ont et auront des effets négatifs sur l'agriculture et la sécurité alimentaire. En effet, l'irrégularité des saisons de culture, les vagues de chaleur ou le manque d'eau perturbent les cycles de croissance des plantes et la production animale, limitant la disponibilité des aliments pour les populations humaines. Cette évolution du climat est largement accélérée par les émissions de gaz à effet de serre issues des activités humaines. Le changement climatique devrait donc être atténué par la réduction de ces émissions et l'augmentation de la séquestration de ces gaz. Cependant, même si l'on mettait en place des mesures d'atténuation, ce qui n'apparait pas comme une priorité pour la majorité des pays pour le moment, le changement climatique aurait quand même des conséquences significatives pour les activités agricoles. Par conséquent, pour maintenir et améliorer la sécurité alimentaire, des stratégies d'adaptation doivent être élaborées (Debray, 2015).

Les populations africaines font partie des plus vulnérables face au changement climatique, du fait de leurs situations géographiques et économiques. Dans certaines régions du continent, où la variabilité climatique actuelle limite déjà la production agricole, le changement climatique

pourrait l'inhiber complètement en l'absence de mesures pour adapter les systèmes agraires existants aux nouveaux contextes. Les paysans, qui représentent 70 à 80 % des agriculteurs en Afrique, seront très certainement les plus vulnérables face au changement climatique. Il est donc urgent de trouver des solutions pour maintenir la production agricole sur tout le continent et améliorer les conditions de travail. Les paysans ont développé des systèmes agraires en constante adaptation à la variabilité climatique. Les pratiques agroécologiques qu'ils mettent en place représentent un potentiel majeur pour faire face aux enjeux de gestion durable des ressources naturelles et de la croissance démographique. Les ONG locales et internationales qui travaillent pour le maintien et le développement de l'agriculture paysanne en Afrique et ailleurs doivent s'intéresser à ces techniques traditionnelles et émergentes. Les paysans ont de meilleure chance d'accepter et de s'approprier des innovations si elles viennent des personnes qui en ont réellement besoin. Il est donc nécessaire de recenser les pratiques des paysans et d'étudier leur pertinence dans des contextes divers pour l'adaptation au changement climatique. (Valentine, 2015)

Le changement climatique affecte négativement aussi bien les activités de productions agricoles, de pêche que de l'élevage. Les effets du changement climatique affectent négativement les infrastructures d'appui à la production agricole et contribueraient à l'augmentation des pertes post-récoltes.

La notion d'agroécologie n'est pas nouvelle, mais sa définition doctrinale revêt un caractère évolutif et des pourtours variables. Elle « désigne tantôt un domaine scientifique interdisciplinaire, tantôt des pratiques agricoles basées sur la valorisation des régulations naturelles, tantôt un mouvement social de soutien à une petite agriculture autonome. » Or, nous voyons qu'au-delà du positionnement disciplinaire, l'agroécologie propose un voyage épistémologique ayant comme finalité une approche systémique de la gestion d'une agriculture enracinée dans les fonctionnalités offertes par les écosystèmes (Mrabet, 2009).

Au fil du temps, l'interdépendance entre l'agriculture et l'environnement est devenue, à la fois, complexe et évidente. La mauvaise gestion des sols par des pratiques culturales excessives ou inappropriées, le surpâturage et l'exportation de la biomasse pour l'alimentation du bétail nuisent aux ressources naturelles. En d'autres termes, il y a une forte dégradation des sols où l'érosion, l'épuisement de la matière organique et le processus de compactage sont les plus importants problèmes environnementaux (Mrabet, 2009).

Le Burundi est un pays doté de ressources en eau et d'écosystèmes précieux. Cependant, il est également vulnérable aux risques liés à l'eau, tels que les sécheresses et les inondations, qui risquent de s'aggraver à l'avenir en raison du changement climatique, de l'urbanisation croissante. Bien que des politiques soient en place pour mieux protéger et gérer les ressources en eau et atténuer les effets du changement climatique, il existe un besoin crucial d'actions ciblées et de bonnes données pour soutenir ces actions. La conservation et la protection des sources d'eau et des écosystèmes, combinées à l'amélioration de l'accès à l'eau des communautés, contribueront à la résilience socio-écologique globale de la région (JFW, 2021)

Le Burundi fait de plus en plus face à de graves problèmes liés aux changements climatiques couplés d'une forte croissance démographique qui pèse substantiellement sur le niveau de production agricole.

Face à de telles contraintes, le modèle agro écologique propose de nouveaux modes de production et de consommation au service de la sécurité et de la souveraineté alimentaire**.** Ces pratiques sont multiples : développement des fermes agro écologiques : association des cultures, rotation des cultures, agroforesterie, les fossés anti érosives,..; L'utilisation des biofertilisants et des bios pesticides.

I.2. Problématique

Le Burundi a connu une croissance démographique très rapide au cours des dernières décennies et se caractérise par l'une des plus fortes densités de population du continent africain. De plus, la pression démographique, la déforestation et l'agriculture extensive ont entraîné une dégradation des sols et de l'environnement. En conséquence, la résilience socio écologique des communautés pour faire face à des chocs environnementaux est souvent très limitée (FAO, 2019). Cette situation souligne l'importance de protéger et de conserver les ressources en eau et les agroécosystèmes.

En outre, la généralisation de l'agriculture intensive a affecté sérieusement la productivité des terres et a favorisé leur érosion. Les sols étant extrêmement sensibles aux phénomènes de dégradation ; les techniques culturales simplifiées (TCS) et le semis direct (SD) sont devenus des pratiques incontournables qui permettent de les protéger, de conserver la matière organique et l'humidité et d'en obtenir une meilleure productivité (Lahmar, 2006 ; Abdellaoui et al., 2010 ; Zaghouan et al., 2011 et Nouri, 2014).

Les ressources en eau et des sols sont essentielles pour le développement économique et social du Burundi. Aujourd'hui déjà, ces ressources sont soumises à de fortes pressions liées à la croissance de la population, à la surexploitation des terres et à la demande croissante en ressources naturelles.

Le changement climatique et la variabilité croissante du climat pourraient s'ajouter à ces tendances et dégrader encore davantage la disponibilité et la qualité de l'eau et des terres arables et la production est médiocre (JFW, 2021).

La synthèse des études de vulnérabilité montre que les secteurs vitaux de l'économie burundaise sont affectés par les phénomènes de variabilité et changements climatiques: agriculture, Energie, Ecosystèmes, Ressources en eau, Santé. Il est à noter que tous ces secteurs utilisent les ressources naturelles pour leur fonctionnement (FAO, 2019).

Les scénarios des changements climatiques montrent qu'au cours de la période sèche, les ressources en eau au Burundi vont fortement diminuer.

La baisse de la réponse des sols aux engrais minéraux couplée à la longue période de sécheresse des années 1970, ont eu pour effet l'expérimentation par les producteurs, des pratiques qui mettent l'accent sur les processus naturels de fertilisation des sols, appelées pratiques agroécologiques.

Parmi ces pratiques, figurent l'intégration agriculture-élevage pour le recyclage des résidus de récolte, l'agroforesterie, l'association et la rotation des cultures, les techniques de Conservation des Eaux et des Sols / Défense et Restauration des Sols (biofertilisants et bio pesticides, compost, etc.). De nombreuses études portant sur la contribution de ces technologies dans la lutte contre la dégradation du sol et l'amélioration des rendements des cultures, existent (Zougmoré et al., 2004 ; Saïdou et al., 2012 ; Yaméogo et al., 2013 ; Paré, 2014 ; Doumbia, 2016).

Au Burundi, la dégradation des terres constitue une préoccupation de tous les acteurs de développement. Cette dégradation entrave le bien-être des populations surtout rurale. Plus de 90 % de la population burundaise vit et milieu rural. Cette dégradation se manifeste à travers la réduction de la productivité liée à la dégradation et infertilité des sols (Burundi LDN TSP country report, 2019).

Pour la seule région de Mumirwa qui représente 12% de la superficie du pays ; avec une pente moyenne supérieure à 70% et une densité moyenne de la population de plus ou moins 300 habitants au km², les pertes en terres sont estimées à 150 tonnes de terres à l'hectare, soit un décapage du sol arable d'un cm/an. Dans ces conditions, tout le sol dans certaines zones de cette région pourrait être dégradé et perdu d'ici une vingtaine d'année si de fortes mesures ne sont pas prises (Gihimbare et Ndabirorere 2015).

La région de MUMIRWA constitue la zone écologique la plus menacée. En effet, les terres sont très exploitées au maximum avec de mauvaises pratiques culturales sur des pentes assez fortes et une forte densité de la population entraîne un morcellement poussé des exploitations agricoles. Les pertes de terres agricoles dues à l'érosion et aux ravinements liés à des pratiques agricoles inadaptées sont énormes et les charges solides des cours d'eau sont très élevées (NEPAD, 2016).

S'agissant de la productivité, les données montrent qu'entre 2000 et 2015, 12% des terres ont amélioré leur productivité tandis que la grande partie du territoire burundais (64%) est restée stable et 22% ont connu une dégradation en termes de productivité (Burundi LDN TSP country report, 2019).

La dégradation des sols engendre la perte de la fertilité, intensifie l'érosion hydrique, diminue sensiblement les productions agricoles et d'élevage qui représentent une part importante du PIB, rend instable les prix des produits agricoles, baisse les revenus des populations et ouvre la spirale de pauvreté particulièrement si la croissance démographique reste comme elle est aujourd'hui.

Le sol du Burundi perd progressivement sa fertilité suite à une dégradation grandissante due à plusieurs facteurs. Approximativement 1 million d'ha des 3 millions d'ha de sols cultivés au Burundi sont acides (pH<5,0) ; ces sols acides requièrent un traitement particulier pour augmenter les rendements des cultures (Ntiburumusi, 1989). Selon les études récentes, la majorité des sols régulièrement en culture sont aussi déficients en phosphore (85%), en bore (90%), en soufre (71%) et en zinc (62%). La moitié des sols présentent des carences en magnésium. Les sols carencés en potassium représentent 30%. La carence en cuivre s'observe dans 13% des échantillons. La carence en calcium représente 68% des terres cultivées (ISABU et al., 2013).

C'est ce qui justifie la présente étude dont la problématique s'articule autour de la question principale suivante:

- Quel est l'impact des innovations agro écologiques sur la production agricole et l'environnement ?

Elle convient à répondre aux questions secondaires suivantes :

- Quels sont les déterminants de l'adoption des nouvelles pratiques agroécologiques dans la région de Mumirwa ?
- Quel est l'impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole ?
- Comment les pratiques agroécologiques agissent-elles sur l'environnement?

I.3. Hypothèses

Notre démarche a été bâtie autour des hypothèses suivantes :

- L'adoption de pratiques agroécologiques dépend fortement de facteurs socio-économiques
- Le niveau de mise en œuvre des pratiques agro écologiques par les producteurs permet l'augmentation de la production agricole;
- Les pratiques agroécologiques modifient les caractéristiques de fertilité du sol, et à terme, améliorent la résilience des agrosystèmes ;

I.4. Objectifs du travail

L'objectif général de notre étude est d'analyser l'impact des innovations agroécologiques sur la production agricole et l'environnement dans les contreforts de Mumirwa.

Il s'agit plus spécifiquement :

- De mettre en œuvre les déterminants des pratiques agroécologiques;
- D'analyser l'impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole;
- D'évaluer les impacts des pratiques agroécologiques sur l'environnement spécifiquement sur la fertilité des sols.

I.5. Intérêt du sujet

Cette étude est d'un intérêt certain. elle permettra au jeune chercheur de lever un pan de voile pour une meilleure prise en compte de la protection de l'environnement durant la mise en place des projets de développement socio-économique et d'agriculture, à toutes les échelles décisionnelles, depuis les lois, les règlements, les jurisprudences, les politiques, les plans, les programmes, jusqu'à leur mise en œuvre.

Sur le plan pratique, cette étude permettra d'évaluer l'impact des innovations agroécologiques et de déceler les éventuelles lacunes, carences techniques applicables à l'adoption des pratiques agroécologiques en vue de protéger l'environnement pour le développement durable.

Aussi, cette étude a comme intérêt de donner des éléments de réponses aux problèmes de la relativité des mesures de l'Etat pour protéger l'environnement face aux nécessités de développement socio-économique.

Peut-être des prémices de solution qui permettront d'améliorer la protection des écosystèmes naturels dans les contreforts de Mumirwa et dans tout le pays du Burundi.

La volonté du chercheur est d'apporter une modeste contribution au développement de l'économie de l'environnement au Burundi, discipline scientifique encore naissante, qui fait la promotion d'un développement dit « durable ». Retracer l'évolution de l'économie de l'environnement en faveur de la protection des écosystèmes naturels, semble bien indiqué pour mieux délimiter cette l'étude.

Peut-être des prémices de solution qui permettront d'améliorer la protection des écosystèmes naturels dans les contreforts de Mumirwa car il est vulnerable et dans tout le pays du Burundi.
La volonté du chercheur est d'apporter une modeste contribution au développement de l'économie de l'environnement au Burundi, discipline scientifique encore naissante, qui fait la promotion d'un développement dit « durable ». Retracer l'évolution de l'économie de l'environnement en faveur de la protection des écosystèmes naturels, semble bien indiqué pour mieux délimiter cette l'étude.

I.6. Structure du mémoire

Le présent mémoire est organisé en quatre chapitres. Le premier chapitre donne un aperçu général du le travail. Le deuxième présente la revue de la littérature sur l'agroécologie. Le troisième chapitre se consacre sur le matériel et méthodes utilisés, la présentation de la zone d'étude et le quatrième chapitre se consacre sur la présentation des résultats obtenus ainsi que leur discussion. Le mémoire se termine par une conclusion générale suivie des recommandations, limites et perspectives découlant de notre étude.

I.7. Cadre conceptuel et théorique de la recherche

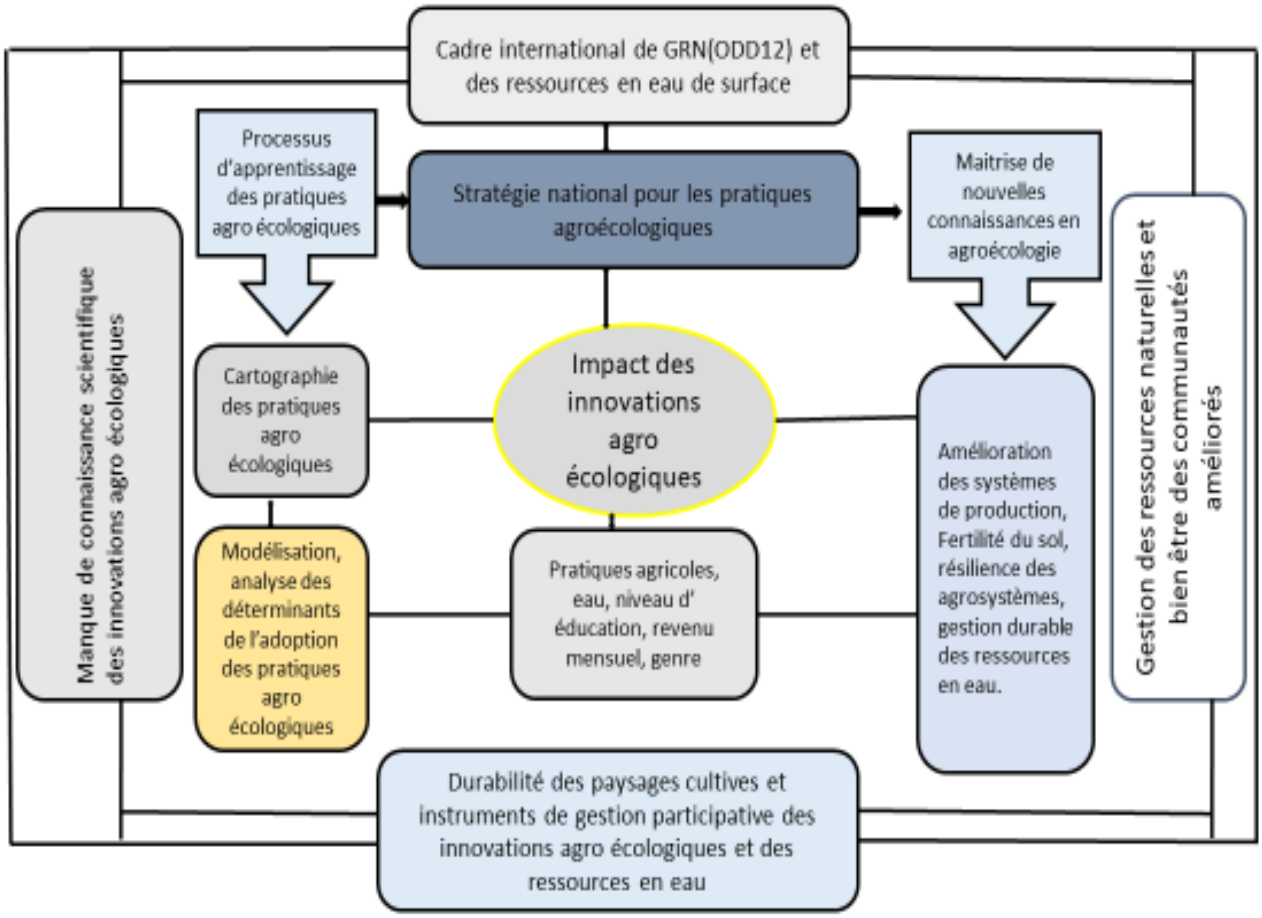
Le cadre international de la gestion des ressources naturelles met en exergue l'importance des pratiques agro écologiques. Scientifiquement, quand on réfléchit sur la valeur des innovations agro écologiques, il est remarqué le manque de connaissances et tous les avantages rendus par l'agro écologie sont pris au rabais.

Pour remédier à cette situation, l'urgence nous amène dans un processus d'apprentissage méthodique et de pouvoir cartographier les pratiques agro écologiques, analyser les déterminants de l'adoption des pratiques agro écologiques.

De ce genre d'analyse, les nouvelles connaissances peuvent être générées comme amélioration des systèmes de production, de la fertilité des sols, résilience des agrosystèmes et gestion durable des ressources en eau.

De ce qui procède, l'armature des nouvelles connaissances pourrait éclairer les secteurs y compris les décideurs dans la promotion des stratégies de gestion des écosystèmes et l'amélioration du bien-être des ménages qui pratiquent l'agro écologie comme le montre la figure 1.

Figure 1 : Cadre conceptuel et théorique de la recherche



Source : Auteur sur base de la consultation des autres auteurs

La première partie montre un problème majeur de la dégradation des sols et la production médiocre dues au manque de connaissances scientifiques des nouvelles pratiques agro écologiques. Ce cadre conceptuel est aussi composé par la méthodologie, les mots clés du travail, les objectifs que nous voulons atteindre et la finalité du travail. Donc il est l'image de notre recherche.

CHAPITRE II. REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre a pour objet de donner une approche détaillée sur les connaissances des concepts de l'agro écologie, son rôle sur le plan social, économique et environnemental et dans le contexte du changement climatique.

II.1. Concept de l'agroécologie

Apparue dans les années 1930 (Allaverdian et al., 2013), l' agroécologie est un concept dont la définition demeure polysémique (Sta ssart et al., 2012).

II.1.1. Agroécologie en tant que science, pratiques agricoles et mouvement social

II.1.1.1. Dimension scientifique de l'agroécologie

Les travaux de Wezel et al. (2009) renseignent sur les précurseurs de l'agroécologie. L'agroécologie est apparue dans la première moitié du XXème siècle comme une science qui visait à étudier les interactions entre les différentes composantes de l'agrosystème. Ainsi, dès 1930, le zoologue allemand Friederichs s'était intéressé aux facteurs écologiques et environnementaux de la protection des cultures, notamment les stratégies de gestion des nuisibles, prenant en compte la gestion biologique des nuisibles et le rôle des habitats naturels dans la gestion des ravageurs. Friederichs a également effectué une évaluation économique de l'impact des dégâts causés par les ravageurs sur les cultures. Tischler, un autre zoologue allemand, effectuera à partir de 1950 plusieurs travaux sur des problèmes liés aux nuisibles des cultures. Ses travaux se sont intéressés à la biologie du sol, aux interactions à l'intérieur de la biocénose des insectes, et la protection des cultures sur les terres en cultures et les friches. D'autres scientifiques tels Altiéri (1995) et Mclntyre et al. (2009) viendront approfondir la dimension scientifique de l'agroécologie, en y introduisant la notion de durabilité des agrosystèmes. Pour ces derniers, l'agroécologie se définie comme une discipline scientifique consistant à appliquer des concepts et principes écologiques à la conception et à la gestion des agrosystèmes durables. Ces principes visent principalement à :

Augmenter le recyclage de la biomasse, optimiser la disponibilité des nutriments et équilibrer le cycle des nutriments , assurer des conditions de sol favorables à la croissance des plantes, notamment en gérant la matière organique et en augmentant l'activité biotique du sol;

Minimiser les pertes dues aux flux d'ensoleillement, d'air et d'eau, grâce à une bonne gestion des microclimats, à la récupération d'eau et à la gestion des sols par le biais d'une plus grande couverture du sol , augmenter la diversification génétique et des espèces au sein de l'agrosystème dans le temps et dans l'espace et augmenter les interactions biologiques positives et les synergies entre les composantes de l'agro-biodiversité et l'environnement, pour promouvoir les fonctions et processus écologiques essentiels.

Cette approche de l'agroécologie qui était limitée aux systèmes de production va évoluer, pour prendre en compte les systèmes alimentaires, et cela parce que beaucoup de consommateurs cherchent à connaître les rapports qui existent entre les pratiques agricoles, leur alimentation, leur santé et leur environnement (Stassart et al, 2012). De ce fait, ils sont plus réceptifs aux pratiques agricoles minimisant l'emploi des produits agrochimiques. La recherche ne peut plus occulter que les associations, citoyens et consommateurs, acteurs sociaux et praticiens peuvent accepter, mais aussi refuser les diagnostics d'experts, voire ignorer ou adopter les innovations qu'elle (la recherche) produit (Stassart et al. 2012). Dès lors, l'agroécologie fait un dépassement des disciplines des sciences expérimentales pour couvrir les sciences sociales, en prenant en compte les dimensions socioéconomique et politique de la construction des systèmes alimentaires (Vanloqueren et Baret, 2009). L'agroécologie n'est donc plus à considérer comme une affaire de spécialistes où la construction se fait dans un seul sens, mais doit se situer dans le champ de la recherche développement où les bénéficiaires peuvent en modifier les méthodologies et contribuer à ses résultats en intégrant des savoirs et pratiques profanes et des savoirs savants (Holtz-Gimenez, 2010).

II.1.1.2. Agroécologie comme pratiques agricoles

Wezel et al. (2009) situent les origines de l'agroécologie vue sous l'angle de pratiques agricoles, dans les années 1980 en Amérique latine. Elle était comprise comme un principe de base au développement d'un cadre de travail en agriculture, soutenue par des écologistes, agronomes et des ethnobotanistes œuvrant particulièrement au Mexique et en Amérique centrale. L'agroécologie aidait les producteurs indigènes à améliorer leurs pratiques agricoles locales (Gliessman, 2007). De ce fait, l'accent est mis sur l'adaptation et l'application des principes en fonction des réalités locales de chaque région (Rosset et al., 2011).

Dans les zones arides et subhumides par exemple, les techniques de gestion de l'eau, l'intégration agriculture-élevage, les dispositifs anti-érosifs constituent le socle pour une agriculture durable (Arrignon, 1987). L'application des pratiques agroécologiques fait intervenir l'expression degré d'intégration agroécologique, qui varie d'une exploitation agricole à une autre (Rosset et al, 2011).

Ces auteurs estiment que les exploitations agricoles soumises à un système de culture basé sur la monoculture industrielle, ont un degré d'intégration agroécologique négligeable ; les exploitations ayant un système de production caractérisé par la monoculture et basée sur l'emploi de la matière organique de substitution, ont un faible degré d'intégration agroécologique. Enfin, une exploitation caractérisée par un système agroforestier complexe comportant de nombreuses cultures annuelles, d'arbres, d'animaux, avec des rotations culturales, et peut-être même un étang piscicole dont les effluents peuvent être utilisés comme fertilisants supplémentaires, a un degré élevé d'intégration agroécologique. L'agroécologie permet ainsi aux paysans d'être gestionnaires de leurs systèmes de production (La Via Campesina, 2010).

II.1.1.3. Agroécologie en tant que mouvement social

L'émergence de l'agroécologie comme mouvement social, est apparue en Amérique Latine et en Amérique du Nord (Bradenburg, 2008 ; Wezel et al. 2009 ; Roossett et al. 2011). L'agroécologie dans ces régions du globe se veut être une alternative au modèle de l'agriculture industrielle, dont les effets dévastateurs (expropriation foncière, pollution environnementale, etc.) ont servi de déclic. Ainsi en Amérique latine, l'expropriation de milliers de paysans de leurs terres en raison d'une agriculture latifundiaire d'exportation (Stassart et al., 2012) et le contexte politique marqué par les révolutions en Bolivie, au Nicaragua, au Venezuela, et l'embargo sur l'île de Cuba, ont servi de tremplin au triomphe du mouvement agroécologique (Altiéri et Toledo, 2011; Roossett et al., 2011 ; Stassart et al., 2012). A cela, Bradenburg (2008) ajoute que l'apparition du mouvement agroécologique au Brésil est la résultante d'une politique agricole (latifundiaire exportatrice) qui ne permettait pas aux petits producteurs, voués à une agriculture de subsistance, de bénéficier du crédit agricole, de l'infrastructure et des services d'orientation technique. Si en Amérique latine c'est la paupérisation des paysans et petits agriculteurs qui a été le moteur de l'émergence du mouvement agroécologique, en Amérique du Nord, c'est plutôt les dommages environnementaux de la révolution verte qui ont servi de ferment à l'essor du mouvement

agroécologique. Le mouvement agroécologique s'est par la suite internationalisé avec une composition cependant hétéroclite, regroupant paysans pauvres, petits agriculteurs, entrepreneurs agricoles (Bradenburg, 2008). Le syndicat des paysans pauvres et des petits exploitants, La Via Campesina en est un exemple. Il est présent dans 56 pays répartis entre l'Amérique Latine, l'Amérique du Nord, l'Asie, les Carraïbes, l'Afrique et l'Europe.

Le mouvement agroécologique recevra le soutien d'ONGs et d'associations d'assistance technique, à la faveur de la tenue du sommet des Nations Unies de Rio 1992 sur la conservation de la biodiversité.

Dès lors, des institutions internationales comme l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) vont nouer des alliances avec les mouvements agroécologiques (Borras, 2010).

II.1.1.4. L'agroécologie comme solution

Dans cette optique, une vision étroite de l'agroécologie tente d'offrir une piste pour "rendre l'agriculture plus durable, tant aux plans social et économique qu'environnemental" (Gliessman, 2006). S'inspirant de l'écologie, l'agroécologie tente d'étudier, conceptualiser et gérer les agroécosystèmes de façon productive et viable tout en préservant les ressources naturelles et culturelles (van der Ploeg et al., 2019). Cette approche incite à s'appuyer sur les intrants internes et les régulations naturelles de l'agroécosystème pour éviter d'utiliser des intrants externes et gaspiller les ressources notamment celles non renouvelables (Meynard, 2017). Différentes techniques agricoles permettent de mettre cette approche en application comme la rotation et l'association des cultures, le travail minimal du sol, la gestion de l'eau, la lutte biologique, l'agroforesterie, l'élevage à l'herbe et bien d'autres alternatives... À l'échelle de l'exploitation, ces pratiques rétablissent sa résilience et sa viabilité en créant des revenus stables qui participent au développement rural (van der Ploeg et al., 2019).

L'agroécologie se définit également comme un mouvement social contestant le système agroalimentaire dominant, et qui sollicite le mélange d'une diversité d'acteurs, de savoirs-faire et de connaissances pour instaurer des méthodes agricoles durables, justes et culturellement appropriées (Knickel et al., 2017 ; Wezel et al., 2009). Cette dimension de l'agroécologie questionne le fonctionnement du système pour rétablir la relation entre agriculture, alimentation, science et politique (Meynard, 2017).

La force de l'agroécologie se situe dans cette interaction entre différentes disciplines et domaines qui mènent à une approche systémique plutôt que spécifique à un facteur limitant. Cette approche systémique repositionne l'agriculture dans les systèmes alimentaires et dans les territoires en valorisant les savoirs locaux et les dynamiques collectives. Ces savoirs locaux développés au fil des générations d'agriculteur.trices reposent sur une adaptation et expérience du territoire par celles-ci. L'agroécologie vise à protéger ces savoirs en soutenant une agriculture diversifiée composée de systèmes agricoles à petite échelle qui soient autonomes, résilients et efficients (Teixeira et al., 2018).

Cette agriculture vise également la création de revenus acceptables pour les agriculteur.trices afin notamment de résoudre l'abandon des exploitations (van der Ploeg et al., 2019).

Malgré les avantages évidents que pourrait apporter l'agroécologie, celle-ci se propage encore lentement et est parfois difficile à adopter. Les obstacles majeurs résident dans le coût du changement (Fares et al., 2012) et le fait que cette transition remette en question le système agricole sur lequel s'est appuyé le développement de l'Europe. La complexité de la transition agroécologique se situe également dans la multitude d'échelles, de facteurs et d'acteurs sur lesquels elle doit influer car elle requiert autant de changements locaux que systémiques et des implications autant individuelles que collaboratives. L'importance de la dimension de l'agroécologie en tant que mouvement social est primordiale pour aborder ces multiples échelles. Le développement de trajectoires alternatives est d'autant plus complexe qu'il est entravé par les verrouillages sociotechniques du régime qui enferment les acteurs à travers des normes et habitudes (Baret et al., 2013 ; Plateau et al., 2021 ; Magrini et al., 2019). Depuis la révolution verte, par exemple, les connaissances et innovations qui accompagnent l'évolution du secteur agricole sont extrêmement liées au système industriel et donc plutôt techno-centrées. L'origine multifactorielle de ces verrouillages les rend difficiles à déceler et à débloquer mais la tâche n'est pas impossible, soutiennent Baret et al., 2013. Une recherche active et un partage constant des initiatives sont nécessaires pour lever les leviers d'influence.

Enfin, il faut relever qu'il n'existe pas un modèle universel d'agroécologie. À l'échelle des exploitations, tous les agriculteurs n'abordent pas le défi de la transition agroécologique de la même façon car ils possèdent des valeurs et des objectifs différents qui dépendent de divers contextes sociaux et écologiques. Même en suivant les principes généraux de l'agroécologie, chaque agriculteur développe des pratiques et gestion spécifique à son exploitation (Teixeira et al., 2018).

C'est l'identité territoriale que l'agroécologie tente de promouvoir et de protéger en prônant la diversification des modes et systèmes de production. Introduire l'agroécologie sur l'exploitation se fait le plus souvent de manière progressive et sur plusieurs plans (techniques, sociaux, organisationnels). Cette progression peut s'étaler sur plusieurs années selon l'ampleur du changement et peut se traduire par une recomposition, une intégration de nouveaux éléments ou des nouvelles relations. Face à cette diversité, l'agroécologie ne cherche pas à concevoir des systèmes de production idéaux mais plutôt à développer la capacité d'adaptation à la diversité. C'est pourquoi la transition agroécologique nécessite un investissement dans l'apprentissage pour accéder à des nouvelles formations et connaissances ou bien amortir les expérimentations et potentiellement erreurs qui ont un coût (Zossou et al., 2009). En favorisant les apprentissages individuels et collectifs, cela encourage les dynamiques d'innovations et d'adaptation aux situations locales (Meynard, 2017).

II.1.2. Obstacles au développement de l'agroécologie

Les obstacles liés au développement de l'agroécologie peuvent être classés en deux ordres. Le premier est relatif aux mouvements agroécologiques. En effet, selon Brandenburg (2008), Altiéri et Nicholls (2005), l'aspect hétéroclite des mouvements agroécologiques donne lieu à l'application des pratiques agricoles qui n'obéissent pas tout à fait à l'idéologie de l'agroécologie. Pour ces derniers, certaines associations se réclamant agroécologiques, versent pourtant dans les pratiques d'agriculture biologique où les intrants chimiques sont remplacés par les engrais organiques, la monoculture demeurant le système de culture, et les produits d'une telle agriculture sont destinés au marché international. Le second ordre est relatif aux politiques de développement en général, et celles agricoles en particulier, tant au niveau international que national. Pour Aliéri et Nicholls (2005) et SOS Faim (2017), les politiques agricoles prônées par les organismes internationaux (Banque Mondiale(BM), FAO, etc.) font la part belle à l'agriculture conventionnelle en prônant un modèle de développement axé sur les investissements privés et le partenariat public-privé, la poursuite de la libéralisation et l'usage massif des intrants chimiques. En plus de ces facteurs, SOS Faim (2017) estime que d'autres facteurs liés à l'environnement direct expliquent des difficultés d'adoption des pratiques agroécologiques. Pour ce dernier, le manque de sécurité foncière amène certains paysans à ne pas investir dans la réalisation des techniques de CES/ DRS si ces derniers n'ont pas l'assurance d'exploiter la terre sur une longue période.

Le sous-équipement et la faible accessibilité (voire l'inaccessibilité) des producteurs au financement, ne favorisent pas également le développement de l'agroécologie. Les formations des agronomes qui restent dominées par l'approche de l'agriculture conventionnelle, constituent un autre obstacle. Enfin, la transition agroécologique peut être vécue comme un risque par le paysan, car pouvant être marquée par une diminution temporaire des rendements.

II.2. L'innovation pour la transition

II.2.1. Définition

L'innovation est au centre des discours de la plupart des domaines : c'est l'impératif sociétal à remplir aujourd'hui. Mais qu'entend-on par innovation ? Le concept d'innovation est à différencier de création ou invention qui impliquent de concevoir entièrement quelque chose de nouveau. Innover, au contraire, c'est être constamment à la recherche de l'amélioration de ce qui existe déjà. Mais comme l'invention, l'innovation est confrontée à l'inconnu, aux réticences au changement et autres freins sociétaux qui placent l'innovateur en marge de l'existant fonctionnel (Blandin et al., 2016).

Innover, c'est d'abord une démarche mentale par laquelle un individu décide de faire un changement. Cette démarche se fait par étapes en commençant par la première conception de l'innovation jusqu'à la mise en œuvre totale de celle-ci (Ciolos, 2013). L'introduction et l'assimilation d'une innovation dans un système est un processus lent et difficile, même lorsque les avantages de l'innovation semblent indiscutables. Elle doit d'une certaine manière supplanter ce qu'elle remplace et apporter de nouveaux avantages ; qu'ils soient économiques ou sociaux, qui vont séduire les potentiels individus intéressés. C'est pour ces raisons qu'une innovation n'est pas toujours adoptée. En fonction du contexte, l'innovation n'est pas forcément attrayante et dépend des capacités et moyens nécessaires à sa mise place (Ciolos, 2013). La capacité d'une innovation à être testée va jouer sur son adoption. "L'essayer c'est l'adopter" comme le dit le fameux slogan. Et ce n'est pas totalement faux. Si l'innovation peut être testée, cela permet d'atténuer les craintes liées aux incertitudes et permet à l'individu d'apprendre en la testant.

Dans son article, Blandin & al.(2016) soutiennent aussi que montrer est plus efficace que démontrer et que "l'innovation repose moins sur le génie et la vision de gens extraordinaires que sur la capacité à créer de la valeur à partir d'une coopération mutuellement bénéficiaire entre gens normaux.".

Ils introduisent par cette phrase plusieurs éléments importants. La notion de valeur renvoie à la capacité d'une innovation à créer une nouvelle valeur ajoutée au système en valorisant des aspects inconnus ou négligés auparavant. Cette capacité à créer de la valeur nécessite donc aussi une capacité à analyser un système et à la remettre en question pour l'optimiser davantage. Blandin & al. (2016) introduisent également les notions de "coopération" et de "gens normaux".

La notion de "gens normaux" appuie le fait que l'innovation n'est pas seulement le domaine de la recherche-développement, elle est accessible à tous et peut prendre diverses formes selon les dimensions (sociales, techniques…).

La notion de coopération, quant à elle, renvoie à la force du groupe, la mobilisation de l'intelligence collective est des aspects considérés comme essentiels à l'innovation.

II.2.2. L'innovation dans les systèmes agricoles

L'innovation en agriculture peut faire partie des stratégies d'adaptation. L'innovation est définie comme l'application de ressources et de résultats technologiques, institutionnels et humains, à la production, générant de nouvelles pratiques, de nouveaux produits et marchés, de nouvelles institutions et organisations à l'efficience améliorée (Poole, 2006). Les sources d'innovation sont multiples : elles émergent parmi les agriculteurs, ou émanent d'organismes de recherche ou d'organisation de développement. Dans tous les cas, tous ces acteurs doivent combiner leurs efforts, dans un processus collectif et interactif, pour consolider le concept initial ; pour l'adapter à la diversité des environnements et des exploitations ; et pour déterminer sa validité (Meynard and Casabianca, 2011). Les conditions requises pour l'innovation doivent être vérifiées, ainsi que ses effets économiques, sociaux et environnementaux dans la diversité des situations rencontrées.

Selon la Banque mondiale (2006), les innovations consistent généralement en de nombreuses petites améliorations dans un processus d'amélioration continu, plutôt qu'en des améliorations radicales. Ces améliorations progressives localisées peuvent être difficiles à détecter. De plus, les transformations peuvent être considérées comme innovantes ou pas selon le point de vue. Une pratique peut être innovante dans un contexte donné, alors qu'elle est mise en place depuis longtemps dans un autre.

Les améliorations générales dans les techniques agricoles sont essentielles pour une amélioration des rendements à court et long terme, particulièrement dans un monde qui change rapidement. L'innovation peut contribuer à l'anticipation et l'adaptation et apparait comme un moyen de rester compétitif ou même de survivre. Elle implique divers changements de pratiques qui se développent dans les communautés paysannes (Vall et al., 2014).

II.3. Pratiques agroécologiques d'adaptation au changement climatique

II.3.1. Adaptation, résilience et agroécologie

Le GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat définit l'adaptation comme le "processus d'ajustement au climat actuel ou attend et ses effets, afin de modérer leurs impacts ou d'exploiter leurs opportunités" (IPCC) (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007, p.452). A mesure que les tendances climatiques évoluent, il est de plus en plus important de mettre en place des mesures d'adaptation pour gérer et réduire les risques liées à ces évolutions pour l'agriculture et pour construire la résilience. C'est la seule option efficace pour que des sociétés puissent faire face aux conséquences inévitables du changement climatique que l'atténuation ne peut pas limiter (IPCC, 2014).

Un agroécosystème peut être résilient par lui-même, si nous laissons les interactions entre ses composants avoir lieu sans les perturber (expert d'ONG). La résilience est définie par le GIEC (2012) comme "la capacité d'un système et ses composants à anticiper, absorber, s'accommoder ou se remettre des effets d'un aléa de manière rapide et efficiente, notamment en assurant la préservation, la restauration ou l'amélioration de sa structure de base et ses fonctions essentielles".

L'agroécologie est basée sur l'application de concepts et principes écologiques à la production agricole pour optimiser les agroécosystèmes en valorisant les ressources locales avec une dépendance moindre aux intrants externes. Elle vise à maintenir ou imiter les équilibres naturels tout en replaçant l'agriculteur au cœur du processus de production. La gestion des agroécosystèmes est basée sur les savoirs traditionnels, grâce à une approche participative.

Selon Pretty (1995, cité dans Altieri 2002), les principes de base de l'agroécologie sont : (i) Améliorer le recyclage de la biomasse et optimiser la disponibilité des nutriments et l'équilibre des flux de nutriments ; (ii) assurer des conditions de sol favorables à la croissance

des plantes (gestion de la matière organique, couverture du sol, amélioration de l'activité biologique du sol), (iii) minimiser les pertes d'énergie solaire, d'air et d'eau et (iv) promouvoir la diversification génétique des espèces dans le temps et l'espace et valoriser les interactions biologiques favorables.

L'agroécologie inclue aussi des principes sociaux et économiques qui sont l'organisation sociale et la transmission des savoirs traditionnels et la garantie d'un revenu décent aux agriculteurs et leurs familles. L'approche agroécologique est donc multidimensionnelle et peut être appliquée à différentes échelles : la parcelle, l'exploitation et le territoire, tout en gardant à l'esprit une vision holistique.

II.3.2. Pertinence de l'agroécologie pour l'adaptation au changement climatique

Les pratiques agroécologiques présentent un grand potentiel car elles permettent l'adaptation de la production agricole aux nouveaux contextes climatiques, augmentant la résilience des exploitations familiales. En effet, elles sont en harmonie avec les conditions locales de l'agroécosystème dans lequel elles sont mises en place.

De plus, les conditions générales de mise en œuvre de pratiques agroécologiques peuvent correspondre aux environnements des paysans africains. En effet, elle repose sur un faible capital et une force de travail importante. Cette force de travail est souvent disponible dans les petites fermes gérées par des familles, tandis que le capital est généralement très restreint. Il parait donc faisable pour les paysans africains de mettre en place des innovations agroécologiques durables. En outre, nombre d'entre eux utilisent déjà ce type de pratiques. La diversification des productions, qui est une des bases de l'agroécologie, leur permet de répartir les risques entre différentes cultures, dans le temps et l'espace. Cette stratégie assure l'approvisionnement en aliment et/ou un revenu en cas de mauvaise récolte d'une culture. Des températures plus élevées pourraient permettre plusieurs cycles de cultures, plus courts, dans la même année (World Bank, 2013).

Les rotations de cultures tireraient donc avantage des conditions climatiques nouvelles. La diversification pourrait permettre de compenser pour les pertes potentielles engendrées par le changement climatique. Le développement de telles techniques serait favorisé par les savoirs traditionnels existants sur les pratiques agricoles durables. L'agroécologie apparait donc comme une approche réaliste pour l'adaptation au changement climatique.

II.4. production agricole

II.4.1. Introduction

L'agriculture reste un outil essentiel pour un développement durable et pour la lutte contre la pauvreté néanmoins, les contraintes financières dans le secteur agricole sont partout présentes et elles sont coûteuses et réparties de façon inéquitable, ce qui limite sérieusement la capacité concurrentielle des petits agriculteurs. Les variations brusques et imprévues des prix des denrées alimentaires ont révélé la vulnérabilité de la production agricole face à la satisfaction de la demande mondiale et poussent à accroître les investissements dans l'agriculture à tous les niveaux (Banque Mondiale, 2008,)

II.4.2. Surplus du producteur et surplus économique total

Un changement du bien-être des producteurs des biens et services à la suite d'un changement dans la disponibilité d'un service rendu par un actif naturel, est mesuré par la variation du surplus du producteur .Ce surplus est égal à la différence entre ce que le producteur reçoit pour une marchandise et la somme minimale qu'il doit recevoir pour accepter d'offrir une unité additionnelle.

Si la dégradation de la qualité de l'environnement augmente les coûts de production, le producteur voit son surplus diminuer. La courbe d'offre présente le coût marginal de production qui est égal à la compensation que le producteur acceptera pour continuer à produire comme le montre la figure 2.

Figure 2 : Surplus du producteur et surplus économique total

Figure 2.1

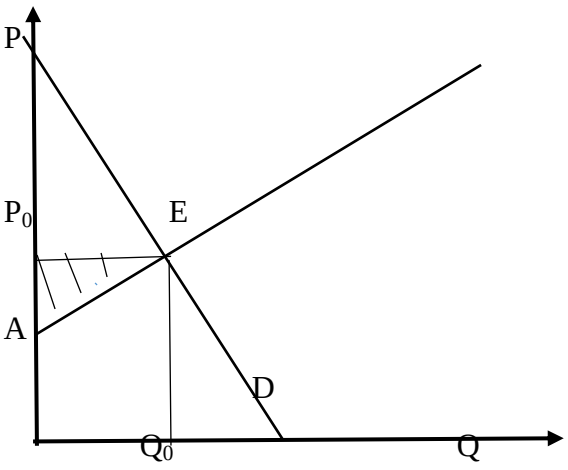
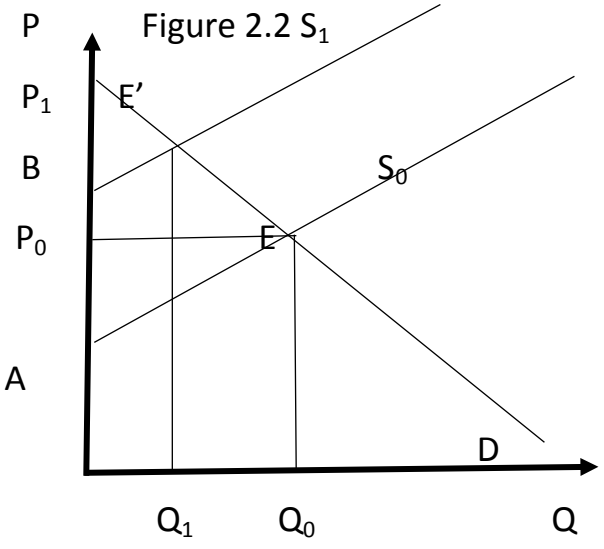


Figure 2.2 S_1



Source : Taladidia THIOMBIANO (2004)

Sur la figure 2.1, S_0 est la courbe de l'offre du producteur. Son surplus est la surface hachurée P_0AE. Si à la suite de la dégradation de l'environnement les coûts augmentent, le prix d'offre minimum augmente et la courbe d'offre passe de S_0 à S_1. Le prix d'équilibre passe de P_0 à P_1.

Sur la figure 2.2, la variation du surplus du producteur est égal à $P_1BE'-P_0AE$. Si on ajoute à cette variation du surplus celle négative du consommateur P_1P_0EE', on obtient la variation du surplus économique total.

II.5. L'agriculture paysanne

En Afrique, la majorité des exploitations est gérée par des familles. Nous nous concentrerons donc sur les systèmes paysans, qui sont promus par les organisations internationales pour le développement et la lutte contre la pauvreté.

L'agriculture paysanne se base sur une vision à long terme, incluant une gestion du risque environnemental visant à réduire la vulnérabilité des fermes aux chocs possibles et à assurer une production minimale malgré les contraintes climatiques. Les paysans aspirent donc à préserver l'environnement naturel tout en utilisant ses fonctions. Premièrement, ils cultivent des espèces ayant des caractéristiques et des besoins agronomiques différents. Cette biodiversité constitue une barrière naturelle contre le parasitisme et les adventices.

Les paysans contribuent aussi à la préservation du paysage, en maintenant des haies, des zones non cultivées, etc. Une taille raisonnable des troupeaux préserve les prairies et les pâturages ligneux qui agissent en puits de carbone. (Issam, 2015)

De plus, les paysans intègrent les productions végétales et animales, pour maintenir, et parfois améliorer, la fertilité des sols. Deuxièmement, les systèmes paysans sont basés sur une utilisation très restreinte de produits chimiques, limitant l'impact sur les ressources en eau. Enfin, les systèmes paysans sont généralement bien intégrés dans l'économie locale, ce qui renforce les systèmes alimentaires locaux. Tous ces mécanismes contribuent à la séquestration du carbone atmosphérique et à la limitation des émissions de gaz à effet de serre, tout en favorisant l'adaptation de l'agriculture paysanne (Chabane, 2015).

II.6. L'agriculture de conservation

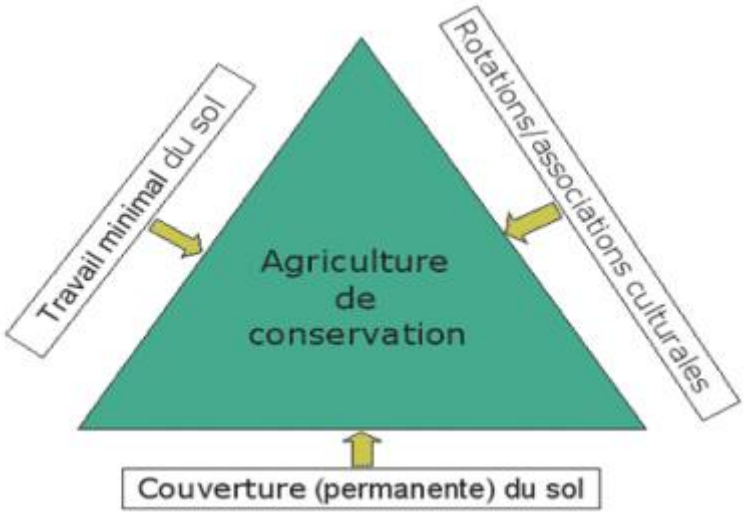
L'agriculture de conservation est une agriculture qui vise une meilleure utilisation des ressources agricoles par la gestion intégrée des disponibilités en sol, en eau et en ressources biologiques, combinée avec une limitation des intrants externes. Elle contribue à la conservation de l'environnement et à une production agricole durable en maintenant une couverture organique, permanente ou semi-permanente, du sol (Zaghouane, 2009).

II.6.1. Principes

Les grands principes de l'agriculture de conservation sont les mêmes quelles que soient les conditions pédoclimatiques ou socio-économiques : un travail du sol réduit, une couverture végétale maximale sinon permanente, ainsi qu'une rotation diversifiée (Thomas, 2006 ; FAO, 2009). Cependant, d'un pays à l'autre, d'une région à l'autre, les conditions locales sont diverses, et l'agriculture de conservation ne peut être développée qu'à l'aide d'une agronomie opérationnelle adaptée au terrain.

Globalement, l'agriculture de conservation repose sur trois piliers fondamentaux comme le montre la figure 3 : un travail minimal du sol (allant jusqu'à absence totale de ce dernier, cas des systèmes de semis direct), une couverture (permanente) du sol par un végétal vivant ou mort (paille) et une diversification systématique des rotations culturales (notamment dans le cas des cultures annuelles), ou associations culturales dans le cas des cultures pérennes.

Figure 3 : Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation



Source : (Zaghouane, 2009).

II.6.2. Avantages et désavantages

Une littérature abondante et variée met en relief les avantages et les inconvénients qu'elles procurent les techniques culturales sans labour (TCSL) et plus particulièrement le semis direct. D'après Derpsch (1999), Chevrier et Barbier (2002), les apports de l'agriculture de conservation sont multiples.

Sur le plan agronomique, de nombreux avantages sont à mentionnés. Il s'agit notamment l'enrichissement et la concentration des matières organiques des sols en surface, la moindre ~~d~~'utilisation d'engrais, l'amélioration de la structure du sol et de la stabilité structurale et l'augmentation de l'infiltration de l'eau. Sur le plan environnemental**, il s'agit notamment de** l'érosion éolienne et hydrique qui est proche de zéro, l'accroissement de la biodiversité et de l'activité biologique (le développement des vers de terre, la concentration de la microfaune en surface ; les saprophytes par exemple), la contribution à la réduction de l'effet de serre par la diminution de la dépense énergétique, le stockage du carbone dans le sol (= séquestration), l'amélioration de la protection et de la qualité des eaux de surface et moins de sédimentation dans les routes. Quant au niveau socio-économique, la survie à la ferme de la famille est assurée grâce à une bonne rentabilité et une production élevée et durable, le niveau et la qualité de vie de la famille fermière sont satisfaisants. On peut avoir aussi un gain du temps et de carburant et la réduction des coûts pour le gouvernement et pour la société en raison d'effets de l'érosion des sols.

Des désavantages sont également à mentionnés dont la réduction de la température du sol et le milieu devient favorable aux limaces, les maladies et adventices.

II.7. L'agriculture familiale

L'agriculture se décline en une multitude de types et de formes selon les sociétés et les environnements tout autour du monde, néanmoins le modèle familial est présent sur tous les continents, des milieux les plus hostiles aux plus favorables (Sourisseau, 2015). Cette section tente de définir et caractériser l'agriculture familiale à travers ses différents rôles.

II.7.1. Définition

L'agriculture familiale peut se présenter sous une diversité de formes et d'organisation en termes de ressources, d'intégration au marché et de recours à la main-d'œuvre salariée (Ciolos, 2013), c'est pourquoi il est utile d'identifier une base commune afin de pouvoir la reconnaître.

La définition universelle de l'agriculture familiale n'existe pas, cependant plusieurs auteurs ont proposé une définition stricte qui pourrait s'appliquer à un large panel de formes d'agriculture familiale. Ainsi Lacombe (2016) propose que "L'agriculture familiale désigne des formes d'organisation de la production agricole caractérisées par des liens organiques entre la famille et l'unité de production et par la mobilisation du travail familial excluant le salariat permanent." (Ibid p125).

Sur une exploitation agricole familiale, le lien entre l'activité professionnelle et la famille est un élément intrinsèque omniprésent. Le chef d'exploitation tient un rôle central non seulement sur l'exploitation mais aussi au sein du ménage. Cette position centrale s'explique notamment par la relation indéfectible entre ce qui relève du domestique et ce qui relève de l'économique (Losch et al., 2014).

Le patrimoine familial et celui de l'exploitation sont étroitement liés, s'appuyant l'un sur l'autre pour survivre aux aléas de la vie. Ce soutien s'effectue bien souvent dans les deux sens et influence les décisions économiques car elles peuvent affecter le patrimoine, l'organisation et les relations de pouvoir au sein de la famille et de l'exploitation (Losch et al., 2014).

II.7.2. Rôles complémentaires

En plus de sa fonction de production, primordiale pour sa survie et pour fournir la population en matières premières, les exploitations familiales assurent également une fonction d'accumulation de patrimoine, d'éducation et apprentissage à travers les générations (Abdelmalek, 2000). Gasselin (2014) défend aussi cette idée en soutenant que l'agriculture est davantage qu'une profession, mais bien un ensemble de "relations sociales, d'échanges et de passage de savoir-faire" ce qui en fait un "lieu de transmission patrimoniale et de coproduction agricole particulièrement abouti". Cette fonction d'accumulation est essentielle car elle participe à la création de savoirs locaux liés au territoire afin d'utiliser ses ressources de façon optimale. La diversité d'agricultures familiales reflète donc la diversité des territoires et de leurs ressources spécifiques (Sourisseau, 2015). Ce lien à un territoire assigne aux exploitations, un rôle de gestion des ressources à travers le temps qui va elle-même jouer un rôle pour l'économie rurale (Ciolos, 2013). L'ensemble de ces facteurs vont ancrer les exploitations familiales dans un territoire et renforce leur identité territoriale (Lacombe, 2016).

II.8. Ressources en eau

II.8.1. Introduction

L'eau est essentielle à la survie et au bien-être de l'homme et est indispensable au fonctionnement de nombreux secteurs de l'économie. Les ressources en eau sont inégalement réparties dans l'espace et dans le temps et souffrent des pressions qu'exercent sur elles les activités humaines. (FAO, 2006)

II.8.2. Situation des ressources en eau au Burundi

L'eau est essentielle pour l'existence de l'homme et de tous les êtres vivants, l'eau c'est la vie. A ce titre, la maîtrise de la gestion et du développement des ressources en eau est devenue un sujet de fortes préoccupations nationales et internationales qui se manifestent à travers un certain nombre d'initiatives. On citerait notamment le Cadre Stratégique de Croissance et de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) du Burundi, les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), la Vision Africaine de l'Eau, le Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (NEPAD), le Sommet Mondiale de Développement Durable (SMDD), la déclaration de Sharm El Sheikh des Chefs d'Etats qui, tous réservent une bonne place à l'eau dans les stratégies nationales de développement.

La crise socio-politique qu'a vécue le Burundi depuis 1993 est venue contrarier les avancées significatives dans le domaine de l'eau qu'il avait enregistrées au cours de la décennie internationale de l'eau et de l'assainissement (1981-1990).

La réforme du secteur de l'eau qui avait été entreprise s'est arrêtée et les répercussions de la guerre sur l'économie ont eu comme conséquence une longue période de déclin économique au cours de laquelle le PIB par habitant est passé de US $ 180 à US $ 83 devenant ainsi un des plus bas au monde.

C'est ainsi que les domaines clés de développement, liés à l'eau, tels que l'alimentation en eau potable et l'assainissement, l'énergie et la sécurité alimentaire ont connu un ralentissement très significatif.

En outre, les phénomènes liés aux changements climatiques de ces dernières années notamment la sécheresse de 2005-2006 qui s'est traduite par une famine dévastatrice ainsi que les récentes inondations qui ont laissé beaucoup de sans-abri, surtout dans la plaine de l'Imbo, resteront encore pour longtemps dans la mémoire des Burundais. La gestion des ressources en eau doit impérativement tenir compte des phénomènes climatiques extrêmes.

a. Cadre physique

Le Burundi, pays totalement enclavé, se trouve entre 2°45' et 4°28' de latitude Sud, et 28°50' et 30°50' de longitude Est. Il partage ses frontières avec le Rwanda au Nord, la République-Unie de Tanzanie à l'Est et Sud-Est et la République Démocratique du Congo à l'Ouest. Il occupe une superficie de 27 834 km2.

Du point de vue morphologique, son relief comprend, de l'Ouest à l'Est, les basses terres de l'Imbo, la crête Congo- Nil, les Plateaux centraux, les dépressions du Kumoso et du Bugesera au Nord-Est. Le centre du pays est entaillé en une multitude de collines séparées par des vallées à fond plat, larges et marécageuses. L'altitude varie de 773 m au niveau du lac Tanganyika à 2670 m au sommet du Mont Heha. Le paysage du Burundi est varié. Onze régions naturelles aux caractéristiques climatiques, pédologiques et hydrographiques différentes sont regroupées dans les cinq régions climatiques suivantes :

La région de l'IMBO formée de plaines de basse altitude (774m-1000 m) à climat tropical chaud (23°C) et à faible pluviosité, les escarpements de MUMIRWA, constitués par le versant occidental de la crête Congo-Nil avec des altitudes allant de 1000 à 2 000 m. Les précipitations annuelles sont comprises entre 1.100 mm et 1.800 mm et les températures varient entre 23°C et 17°C, la crête Congo-Nil d'altitude variant de 2.000m à 2.670 m enregistre des précipitations moyennes annuelles comprises entre 1.500 mm et 2.000 mm avec des températures moyennes annuelles de 16°C, la région des plateaux centraux avec une altitude comprise entre 1.500m et 2.000m, les précipitations moyennes annuelles varient entre 1.150 mm et 1.500 mm et les températures moyennes se situent entre 18 °C et 16°C, les dépressions de l'Est et du Nord-Est : l'altitude est comprise entre 1 320 m et 1 500 m avec des températures moyennes annuelles avoisinant 20°C. La pluviométrie annuelle dépasse rarement 1.100 mm.

II.8.3. Potentiel et Usage de l'eau

a. Potentiel des ressources en eau

L'eau au Burundi, comme ailleurs, est une ressource limitée et vulnérable : elle est limitée par une variété de facteurs comprenant notamment les conditions climatiques souvent défavorables dans certaines régions, l'inégale distribution spatio-temporelle des pluies et la nécessité de partager les ressources en eau disponibles avec les pays voisins.

Les potentialités hydriques du Burundi comprennent les ressources en eaux pluviales, les ressources en eaux de surface y compris les lacs et les ressources en eaux souterraines (Sinarinzi, 2005*).*

b. Ressources en eaux pluviales

Le Burundi connaît une alternance de la saison sèche (Juin à Octobre) et de la saison pluvieuse (Novembre à Mai). La moyenne annuelle nationale des précipitations est de 1274 mm ce qui correspond à un débit de 1011 m^3/s.

Les régions de hautes altitudes (Crête Congo-Nil, Plateaux centraux) enregistrent un bilan climatique largement excédentaire alors que celui–ci devient déficitaire dans les régions à faible altitude (Imbo et dépressions du Nord-Est).

c. Ressources en eaux de surface

Les Ressources en eaux de surface comprennent l'ensemble des cours d'eau et des lacs du pays. En moyenne, les ressources intérieures disponibles sur le territoire national s'élèvent à 319 m^3/s^3.

Le débit des rivières frontalières provenant du drainage de la partie étrangère des bassins versants internationaux qui est de 336 m 3/s 3 constitue une "ressource frontalière" commune à exploiter en coopération avec les Etats voisins, tandis que le débit moyen des rivières quittant le Burundi s'élève à 655m^3 /sec ^{3}. Il importe de noter que, compte tenu de sa position géographique entre les bassins du Congo et du Nil, le Burundi ne profite pas des eaux en provenance des autres pays.

La variabilité régionale est plus marquée : la région de la crête Congo-Nil plus arrosée joue un rôle très important dans le bilan hydrique du pays. Les faibles quantités en eaux superficielles se rencontrent dans la région du Bugesera. Les trois grands lacs du Burundi sont tous situés aux frontières du pays.

Le lac Tanganyika, constitue un réservoir immense d'eau douce d'un volume de 18.880 km3 et d'une superficie de 32.400 km^2 dont 2600 Km^2 de superficie burundaise, avec une période de renouvellement extrêmement longue, ce qui rend le lac vulnérable aux pollutions

.

Le lac Cohoha d'un volume 0,53 km^3 avec une superficie burundaise de 59 km^2 constitue un réservoir peu profond de 11 m et enfin le lac Rweru d'un volume de 0,37 km^3, caractérisé par une faible profondeur de 5m avec une superficie burundaise de 91 km^2, est en communication hydraulique avec la rivière Kagera, tributaire du lac Victoria. (Plan Directeur National de l'Eau, 1998)

d. Les ressources en eaux souterraines

Au Burundi, les potentialités en eaux souterraines n'ont pas encore été explorées. La carte d'orientation hydrogéologique : « potentialités en eaux souterraines au Burundi », élaborée par SOGREAH en 1993 et le Plan Directeur National de l'Eau de 1998, permettent de distinguer les zones à faibles, moyennes, bonnes et hautes potentialité en eaux souterraines suivantes :Les zones à hautes potentialités en eaux souterraines : les régions de la crête Congo-Nil et des plateaux centraux du Mugamba, Bututsi, Buyenzi et Bweru, les zones de bonnes potentialités en eaux souterraines : localisée dans les formations alluvionnaires de bas-fonds et des roches calcaires le long de la rivière Kanyaru, le long de la Ruvubu ainsi que dans la cuvette du Bugesera, autour des lacs Rweru et Cohoha, les zones de potentialités moyennes : localisées dans les dépressions granitiques en communes de Butaganzwa, Muhanga , Rango, Rutegama, Nyabihanga, Gitega, Makebuko, Itaba et dans le parc de la Ruvubu, ainsi que dans les marais de la Nyamuswaga, les zones à faibles potentialités : l'Imbo, le Kumoso et le Bugesera sont les régions naturelles aux sources les plus faibles. La région Bugesera est la plus défavorisée en eaux totales.

e. Qualité de l'eau

Peu de données sont disponibles sur la qualité des eaux car elles ne font pas l'objet d'analyses régulières de la qualité. Les données qui existent montrent que la qualité est encore relativement bonne. La charge en matières solides en suspension due surtout aux phénomènes d'érosion observée après de fortes pluies est gênante pour certains types d'usage. Cependant, les ressources en eau sont sous menace de diverses pollutions dues au manque d'hygiène et aux activités industrielles et humaines.

f. Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau

Les changements climatiques prévus, selon les modèles climatiques, entraîneront une perturbation des paramètres du cycle hydrologique comme la pluviométrie, l'évapotranspiration, le ruissellement de surface et l'écoulement dans les cours d'eau.

L'augmentation des précipitations et des débits des cours d'eau se traduira par de fortes érosions collinaires et des inondations dans les bas-fonds et une détérioration de la qualité de l'eau par le charriage des terres arrachées, des produits phytosanitaires et les rejets industriels.

Dans le contexte de forte pression démographique, les eaux de bonne qualité feront l'objet de concurrence entre différents usagers et cela va entraîner un coût supplémentaire pour avoir une eau de bonne qualité *(BWPD, 2005)*

II.9. Agriculture au Burundi

II.9.1. Introduction

Le Burundi est un pays à vocation agricole. Le secteur agricole contribue à plus de 30 % du PIB et emploi plus de 85% de la population active (ISTEEBU, 2020).

Pour Harare en 2004, L'économie burundaise dépend fortement de l'agriculture qui contribue à plus de 46 pourcent dans le PIB, emploie plus de 90 pourcent de la population active, fournit plus 95 pourcent de l'offre alimentaire et plus de 80 pourcent des recettes d'exportation. Le secteur agricole burundais dépend fortement du climat (Harare, 2004).

a. Les défis

Les défis sont nombreux : le premier défi est une utilisation accrue des ressources en eau pour la production agricole. Le Burundi possède un potentiel important de terres irrigables aussi bien au niveau des marais et des plaines mais aussi au niveau des collines mais moins de 10% des superficies sont irriguées (Harare, 2004). Le recours à l'irrigation pourrait accroître l'intensification des cultures, augmenter les rendements et réduire les pertes causées par les irrégularités pluviométriques.

Le deuxième est un recours intégral aux bonnes pratiques de protection des ressources naturelles et des systèmes d'élevage. Le relief accidenté occasionne les pertes énormes des terres fertiles calculées à 18 tonnes par hectare et par an dans la région naturelle de Mumirwa. (Harare, 2004). L'augmentation excessive de la température provoque de nouvelles maladies des végétaux et des animaux qui occasionnent des chutes de production. Ainsi, le recours à la protection des bassins versants, à la restauration de la fertilité des sols et à la protection intégrale des ressources naturelles est indispensable.

Le troisième est le manque d'information fiable et en temps réel sur le climat. Le changement climatique entraîne la perturbation du calendrier agricole. Une information fiable et à temps réel et un système d'alerte précoce permettront aux agri-éleveurs de s'adapter au changement climatique.

Le quatrième défi est la faible capacité technique, humaine et financière d'analyse et de suivi météorologique, climatique et hydrologique. L'Institut Géographique du Burundi « IGEBU » accuse de faible capacité pour analyser et suivi l'évolution de la météorologie, du climat et de l'hydrologie pour fournir une information aux utilisateurs des données climatiques.

Le cinquième est la faible capacité de la recherche sur le changement climatique. La recherche joue un rôle primordial dans la proposition des voies d'adaptation au changement climatique. Cependant, la recherche sur cet aspect reste encore lacunaire. Le renforcement des capacités dans le cadre de la recherche permettra d'avoir des solutions appropriées. Le sixième est l'insuffisance des données statistiques de l'impact du changement climatique sur l'agriculture. Les données statistiques de l'impact du changement climatiques permettent une prise de décision appropriée et en fin les connaissances traditionnelles sont dispersées et non valorisées. Le Burundi dispose des connaissances traditionnelles mais qui sont dispersées et non valorisées. Traditionnellement, les noms vernaculaires des mois de l'année ont trait au climat. Cependant, toutes ces connaissances sont faiblement valorisées pour s'adapter au changement climatique.

b. Les domaines prioritaires d'intervention

Renforcement des capacités : le renforcement des capacités sera concentré dans l'appui technique et humain en matière de gestion des ressources naturelles, l'analyse et de suivi météorologique, climatique et hydrologique, la recherche sur le changement climatique, la disponibilisation de l'information fiable sur le climat et dans les techniques modernes de l'utilisation de l'eau pour la production agricole.

Transfert de technologies : l'accès à des technologies nouvelles et innovantes permet de mieux s'adapter au changement climatique.

Technologies de suivi météorologique, climatique et hydrologique et Technologies de recherche.

Promotion et valorisation des connaissances traditionnelles

Il s'agit Inventorier toutes les connaissances traditionnelles et de promouvoir la mise en à niveau des femmes agricultrices (Harare, 2004).

II.9.2. La promotion de l'agriculture écologique au Burundi

1. Qu'est-ce que nous attendons par agriculture écologique ?

C'est une agriculture basée sur le bon usage du fumier ainsi que les produits phytosanitaires et des semences dans le but de fournir à la population des produits qui ne nuisent pas à sa santé ; cette agriculture garantit la fertilité du sol, la protection des êtres vivants, permettant aussi à la population de mieux être résiliente aux effets du changement climatique.

L'agriculture écologique est également basée sur la priorisation de l'intérêt communautaire à travers toute la chaine de valeur. L'agriculture écologique permet aux agriculteurs d'avoir une souveraineté alimentaire, l'accès aux semences et aux produits phytosanitaires, bref elle permet de prendre en considération les aspirations des agriculteurs lors de la prise des décisions à leur égard. (Guide de formation à l'agriculture biologique, 2015)

2. Les effets du mauvais usage des produits phytosanitaires ainsi que des engrais chimiques et leurs conséquences sur la santé humaine

a. Les problèmes habituels

Il s'observe la détérioration de la fertilité des sols, l'acidité du sol s'accroit , l'eau des sources devient de plus en plus sale et il s'observe des changements climatiques, la vie humaine est menacée sans oublier celle des autres êtres vivants, des catastrophes naturelles variées dues aux changements climatiques, le copier-coller des techniques agricoles étrangères visant l'augmentation de la production et qui ne respectent pas la culture et les autres pratiques de la sous-région, le manque de liberté dans l'utilisation des richesses naturelles, la chute de la production et le manque des moyens financiers pour l'achat de ces produits phytosanitaires et des engrais chimiques.

b. Des dangers imminents

La prolifération des maladies épidémiologiques incurables comme le cancer, les tumeurs, etc., notre descendance héritera des terres cultivables désertiques, les tarissements des sources d'eau potable, les êtres vivants vont disparaître, les changements climatiques vont continuer à s'observer, si la situation reste telle qu'elle se présente aujourd'hui, le pays fera face à une famine (FH Burundi, 2020).

3. Les bienfaits de l'agriculture écologique sont nombreux

a. Sur l'environnement

C'est une agriculture qui protège l'environnement notamment : les sources d'eau, la terre cultivable, l'air, les êtres vivants sans oublier l'homme, qui sauvegarde la fertilité du sol à travers l'usage du compost, du fumier et en minimisant les quantités d'engrais chimiques et des produits phytosanitaires, qui lutte contre l'érosion et la désertification grâce à un traçage des courbes de niveau sur lesquelles on plante des arbres agroforestiers et qui maintient l'humidité du sol.

b. Sur l'économie

C'est une agriculture qui diminue sensiblement les dépenses de l'achat des produits phytosanitaires et des engrais chimiques, qui valorise les restes des produits de la récolte à travers leur transformation (les pulpes du café, les rafles de maïs, les fans de haricot, etc.) qui permet le rendement agricole de qualité durable et une sécurité alimentaire garantie et qui est la source du développement durable.

c. Dans la société

C'est une agriculture qui accroît la possibilité d'être en sécurité alimentaire ; elle permet à l'agriculteur d'améliorer ses conditions économiques et sociales et lui permet aussi de participer à la prise de décision dans la communauté ; elle permet d'améliorer la qualité de l'alimentation ; elle respecte la tradition et la culture de la région (de la population qui y habite) et grâce à l'agriculteur écologique, l'agriculteur trouve sa place dans tous les projets de développement familial et de son pays.

d. Au point de vue du développement

La récolte a de la valeur au niveau locale et dans la région , c'est une agriculture qui demande une main d'œuvre d'hommes et femmes qui ne sont pas considérés comme des esclaves, elle ne nuit pas à la sante des familles, de l'agriculteur, et des consommateurs , c'est une agriculture qui fait qu'il y ait souveraineté alimentaire et grâce à l'agriculture écologique, l'agriculteur ne compte pas sur l'engrais chimique, les produits phytosanitaires et les semences importés.

4. Que faut-il faire pour promouvoir l'agriculture écologique, source d'une bonne santé et d'un développement durable ?

Au niveau des familles, il faut qu'il y ait des essais sur les techniques de lutte contre les ravageurs et les maladies des cultures à travers l'usage des produits naturels (les feuilles de tabac, les feuilles des papayers, les graines de nem, l'ail, etc.) , les agriculteurs devraient faire des recherches-action liées à la préparation des types d'arbres et d'herbes qui sont couramment utilisés dans la préparation de la fumure organique (tephrosia, tithonia, engrais vert,…).

La recherche du profit est caractérisée par la promotion des activités qui génèrent des revenus et participent à l'amélioration des conditions de vie de la population à travers les nouvelles techniques , la solidarité et l'entraide sont caractérisées par le partage des connaissances, le fat de trouver ensemble une solution dans le but d'améliorer les conditions de vie et la préoccupation de tous les habitants de la région , il faut avoir le bon usage du trésor public, la mise en place du réseau des associations d'agriculteurs qui militent pour l'agriculture écologique en luttant pour l'amélioration de ses conditions économiques et sociales et la liberté au niveau des pensées et dans la prédation des projets de développement de la famille visant une bonne économie (Ndayiragije, 2020).

II.9.3. Pratiques agroécologiques au Burundi

Les pratiques agroécologiques rencontrées aux Burundi sont principalement l'incorporation de la matière organique au sol, les techniques de Conservation des Eaux et des Sols et Défense et Restauration des Sols (CES/ DRS), et les méthodes agroforestières.

1. Incorporation de la matière organique au sol

La matière organique est apportée au sol en réponse à la baisse constatée de la fertilité du sol. Les modes d'apport de la matière organique sont l'épandage et les apports localisés. L'épandage est généralement suivi d'un labour en vue d'enfouir la matière organique, et est pratiqué sur des sols ne présentant pas un degré avancé de dégradation physique. Il faut noter qu'il existe une diversité de substrats organiques apportés au sol. Les substrats organiques produits par les producteurs dans le Mumirwa du Burundi, sont de natures diverses, allant des déjections animales aux résidus de récolte, en passant par les ordures ménagères.

En dépit de l'importance de la matière organique, elle peut ne pas être disponible en quantité suffisante, et cela en raison de divers facteurs. Les champs en saison sèche sont généralement soumis à la vaine pâture, ce qui limite la disponibilité des résidus pour le compostage. La faible intégration agriculture-élevage, le manque d'eau, de main-d'œuvre et le faible niveau d'équipement des producteurs se posent comme contraintes à la production du compost (Sédogo, 2008).

Le système d'utilisation de la toilette AKASUGA est un moyen très important dans l'agriculture burundaise car grâce à cette toilette, on peut trouver la fumure organique dans un petit moment très riche dans le sol et les urines qui vont aider à la fabrication des biopesticides.

2. Techniques de Conservation des Eaux et des Sols et Défense et Restauration des Sols (CES/ DRS)

Elles sont pratiquées dans le but d'améliorer ou restaurer la fertilité des sols par l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol, et la réduction de l'érosion et du ruissellement grâce à des procédés physiques et biologiques (Doamba, 2007). Les procédés physiques consistent en la réalisation d'ouvrages afin de limiter le ruissellement, tout en favorisant une meilleure infiltration des eaux de pluies (Doamba, 2007).

Les courbes de niveau, les fossés antiérosifs, les haies herbacées, les haies arbustives, les terrasses progressives sont des moyens de conservation des eaux et de gestion de la fertilité des sols rencontrés au Burundi.

3. Méthodes agroforestières

Il existe de nombreuses méthodes agroforestières parmi lesquelles figurent l'agroforesterie, et la Régénération Naturelle Assistée (RNA). L'agroforesterie est définie d'après Bonkoungou et al. (1994), comme étant un système d'utilisation des terres dans lequel les végétaux ligneux et pérennes sont délibérément conservés en association avec les cultures et/ou l'élevage dans un arrangement spatial dispersé, et où il y a à la fois des interactions écologiques et économiques avec les autres composantes. La RNA est une approche agroforestière qui consiste à épargner et à entretenir dans la parcelle de culture, les jeunes sauvageons d'espèces ligneuses à des densités désirées (UICN, 2009).

Les espèces végétales telles que tithonia, Caliandra, Leucaena, Tephrosia, Artimesia, Vernonia amygdalina, Ficus vallichoude, Ficus ingens, Ficus gnapholearpa, Ficus experata, Stericulia tragacanta, Stericulia Africana, Acacia gerrardii, Passiflora foetida, Sporobolus pyramidalis, Asystasia gangetica, Balanites aegyptica, Commiphora madagascaliensis, Euphorbia candelabrum, Acacia polyacanta, Cynodon nlemfuensis, Sesbania sesban, etc., sont les plus rencontrées au Burundi.

L'agroforesterie et la RNA ont de nombreux avantages. Elles contribuent au maintien et/ou à la restauration de la fertilité du sol (Bationo et al., 2012), à l'accroissement de la biodiversité dans les champs, à l'élargissement de la gamme de produits et services émanant des arbres des champs, à la nutrition humaine, à l'économie locale et allège le problème de bois de feu et de construction (Samake et al., 2011).

Malgré ces avantages qu'offrent l'agroforesterie et la RNA, il convient de noter qu'elles sont confrontées à des difficultés. Parmi ces difficultés, figurent l'inadéquation entre certaines opérations culturales comme le labour et la protection des sauvageons (Bonkoungou, 1987), la longévité de certaines espèces telle Vitellaria paradoxa Gaertn. F. qui fait que les paysans ne se rendent pas véritablement compte du déclin et du vieillissement progressif des peuplements de Vitellaria paradoxa. Gaertn. f. (Kaboré et al. 2012). Ces auteurs expliquent aussi le vieillissement des parcs agroforestiers par le fait que les sauvageons qui meurent lors des opérations culturales, ne sont pas remplacés.

4. Rotation et association des cultures

La rotation de cultures consiste à produire plusieurs cultures sur une même parcelle, échelonnées dans le temps. L'objectif est de maximiser l'utilisation des minéraux du sol, d'une année sur l'autre, et de diversifier les productions afin de limiter les risques de mauvaises récoltes. La rotation permet d'empêcher la diffusion des maladies en brisant le cycle d'infection des parasites éventuels (Oswald et Ranson, 2001). L'association de cultures, quant à elle consiste à produire sur la même parcelle, différentes cultures (généralement deux). Que ce soit en rotation ou en association, les légumineuses sont utilisées. Elles enrichissent le sol par fixation et transformation de l'azote atmosphérique et des résidus riches en azote, permettant ainsi aux cultures subséquentes de bénéficier de l'azote issu de la décomposition de ces résidus (Chalk, 1998 ; LaRue et Patterson, 1981).

Au Burundi, l'association céréales-légumineuses est la plus pratiquée avec le maïs comme principale espèce de céréales. Les producteurs pratiquaient majoritairement la rotation haricot-céréale-manioc. Le riz et les bananiers sont aussi plus cultivés.

5. Bio pesticides

Un bio pesticide est un produit biologique (organisme, substance ou préparation) permettant de lutter contre des organismes nuisibles et dont le principe actif est constitué par des organismes vivants ou des produits de leur métabolisme. Ils sont classés en trois catégories : produit contenant un microorganisme, produit à base d'extraits de plantes, substances biologiques naturelles.

Leurs objectifs sont d'éviter la dépendance d'approvisionnement en pesticides contre les ravageurs/ maladies des plantes ou profit des multinationales, de protéger la vie du consommateur des produits agricoles, de diminuer la pollution de l'eau, de l'air et du sol, de minimiser le mode de vie de la multiplication des ravageurs des plantes pour augmenter la production agricole, de réanimer la vie biologique du sol et augmenter la fertilité du sol, de valoriser les matières premières locales pour réduire l'importation de pesticides de synthèse, d'améliorer la santé humaine par l'alimentation de produits sains et de minimiser les coûts de l'importation des pesticides de synthèse.

Les types des biopesticides sont : biopesticide à base de piments (capsicum frutescens) ; biopesticide à base de tabac (Nicotiana tabacum), biopesticide à base du Tephrasia vagelii ; et biopesticide à base de feuilles de papayer (Ndayiragije, 2020).

Le tableau 1 illustre les auteurs qui on fait des études sur les pratiques agro écologiques, les données utilisées, le modèle utilisé ainsi que les résultats trouvés.

Tableau 1 : Synthèse de la revue empirique

Auteur	Données	Modèle utilisé	Résultats de la recherche
GNISSIEN Moussa, 2018	Données d'enquêtes dans les villages de Bilanga yanga, Tiguili, Kolokomi au Burkina Faso	L'ANOVA, ACP et CAH Variable dépendante : rendement du sorgho	les résultats montrent que la combinaison des pratiques agro écologiques donne le meilleur rendement grain de sorgho et l'amélioration de la fertilité des sols dépend du degré d'intégration des pratiques agro écologiques.
Valentine Debray, 2015	Données d'enquêtes	ANOVA	la combinaison des pratiques agro écologiques permet d'améliorer la résilience des systèmes agricoles et la sécurité alimentaire des communautés rurales.
Agosin et Mayer, 2000	Données de PNUE sur la gestion de la biodiversité.	Modèle d'Agosin et Mayer Variable dépendante : la production	Impact positif de gestion de la biodiversité sur l'économie familiale et la croissance économique des ménages.
Issam CHABANE, 2014	Données d'enquête	Modèle ESR	l'agriculture de conservation peut contribuer, surtout dans les zones arides et semi-arides algériennes, à la durabilité de nos agroécosystèmes à travers ses influences positives sur le plan agronomique et économique.
Elise Lang, 2019	Données d'enquête	Modèle MCO, ACP, CHCP	L'association culture élevage permet l'amélioration l'économie familiale et la croissance économique des ménages.

Source : Auteur

Conclusion du deuxième chapitre

Dans ce chapitre nous avons montré les concepts de l'agro écologie, l'innovation dans les systèmes agricoles, les obstacles du développement de l'agro écologie et les pratiques agro écologiques d'adaptation aux changements climatiques. Nous avons aussi montré dans la production agricole le surplus du producteur et le surplus économique total, les avantages de l'agriculture de conservation. L'agriculture au Burundi occupe une grande place dans la vie humaine. Nous avons aussi montré les pratiques agro écologiques rencontrées au Burundi.

Le chapitre qui suit s'articule sur les matériels et méthodologie utilisés dans l'étude.

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite dans la région de Mumirwa, plus précisément dans les communes rurales (Bubanza, Musigati, Rugazi) de la province de Bubanza.

III.1.1. Justification du choix de la zone d'étude

La région de mumirwa de la province Bubanza a été choisie comme zone d'intérêt de l'étude pour trois raisons :

Premièrement, le Mumirwa de la province Bubanza est la région où le projet de promouvoir les innovations agro écologiques a été mis en œuvre par l'ADISCO. De ce fait, l'évaluation de l'impact des innovations agro écologiques est possible car les producteurs vont fournir des informations utiles pour la recherche.

Deuxièmement, elle est parmi les régions productives des cultures vivrières au Burundi. Troisièmement, en ce qui concerne l'étude, les données sur la production agricole sont réalistes et mises à jour pour être cohérentes avec l'étude.

III.1.2. Description de la zone d'étude

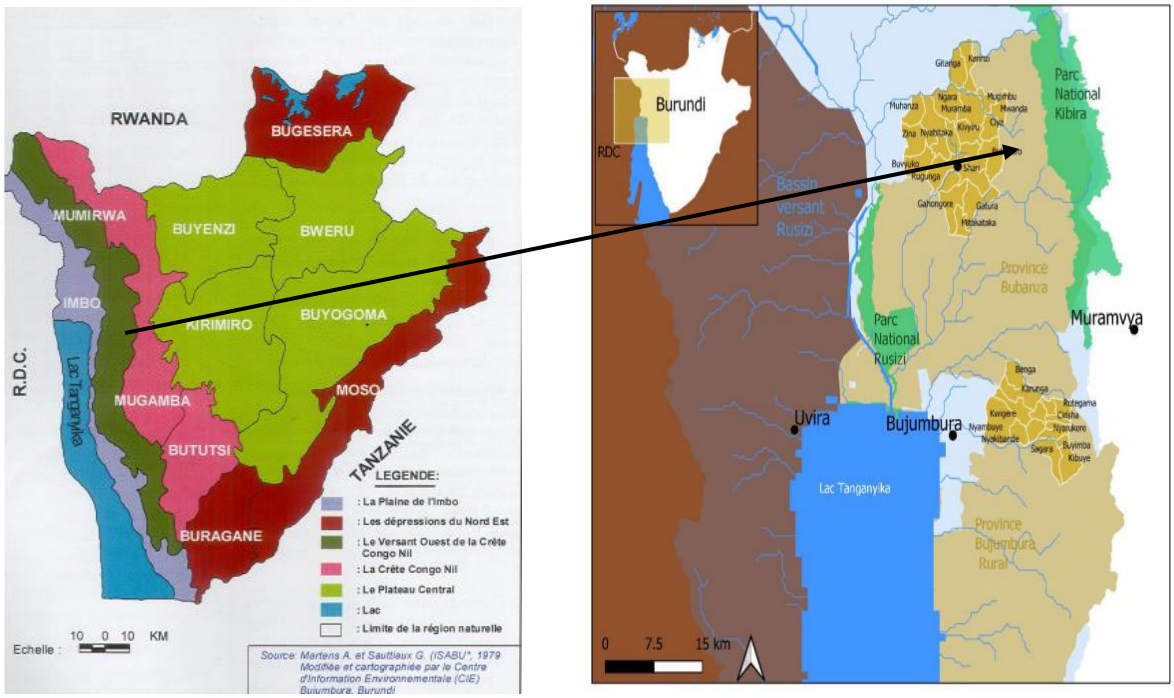


Figure 4 : Carte illustrant la localisation :

Source : PNUD, 2011

La figure 4 montre que le Mumirwa de la province Bubanza est situé sur le versant ouest de la dorsale Congo-Nil elle s'ouvre sur le fossé du lac Tanganyika, les conditions du milieu y sont commandées par la grande dénivellation qui caractérise le passage d'une altitude d'environ 800 m au niveau de la plaine de l'Imbo à plus de 2500 m dans le massif de la Kibira. Cette grande différence issue d'une morphogenèse toute récente et encore active tectoniquement est responsable de l'ensemble des caractéristiques des conditions naturelles de la province : les fortes pentes, le régime torrentiel des écoulements, la grande dissection des terrains de la région intermédiaire du Mumirwa, les gradients pluviométriques (de 2000 mm de pluie par an on descend dans l'Imbo à environ 800 mm) et thermiques (près de 8° de différence dans la moyenne thermique annuelle) et par conséquent la typologie des sols, les formes d'aptitudes agronomiques et les possibilités de mise en valeur et d'intensification qui en découlent. (*URAM 2007)*

Le Mumirwa englobe 45 % de la province : et correspond en gros aux territoires des communes de Mpanda et de Bubanza et les moitiés Ouest des communes de Musigati et Rugazi. Pays de collines à sommets arrondis ou coniques mais aux flancs pentus, les altitudes y sont comprises entre 1000 et 1750 m, les pluies autour de 1500 mm annuellement et les températures sont plus adoucies qu'en plaine.

Les collines de ces communes rurales ont été retenues pour la conduite de nos activités que sont les focus groups, les enquêtes, le suivi des parcelles en milieu paysan. (URAM 2007)

III.1.3. Climat

Le climat de la province est à la fois conditionné par les éléments de circulation atmosphérique générale dans l'ensemble du pays et la configuration orographique provinciale, qui intègre une influence plus ressentie des facteurs locaux (altitudes, exposition, proximité du lac…). La dénivellation orographique est amplifiée par un étagement climatique sensible. Les températures et les vents : sont fortement commandés par l'altitude, la circulation atmosphérique et la nébulosité qui influe sur l'insolation.

Malgré des amplitudes thermiques mensuelles moins prononcées que dans les autres régions intertropicales de l'Est Africain, sous l'effet de l'altitude, des différences s'observent, surtout en plaine. Les températures les plus extrêmes sont enregistrées au cours des saisons sèches liées à l'ensoleillement et au rayonnement nocturne.

Les précipitations : le régime pluviométrique est caractérisé par le passage bi-annuel du front intertropical et surtout par la présence d'une saison sèche marquée. Le maximum de pluie est atteint au mois d'avril. Entre mi-décembre et mi-février, les pluies diminuent pouvant être interrompues pendant quelques semaines, ayant une origine plutôt liée à la circulation atmosphérique et aux Alizés (Boréol ou austral) qu'à la convergence inter tropicale.

La durée de la saison sèche est en relation étroite avec le total annuel des précipitations: Sa durée moyenne est de 3,5 à 4 mois, elle est réduite à environ 3 mois dans les régions pluvieuses de la crête et se prolonge à 4,5 ou 5 mois dans l'Imbo. Les trois mois qui forment le "cœur" de la saison sèche (de juin à août) ne reçoivent que 3 % des précipitations annuelles, alors que 77 % des précipitations se concentrent entre les mois de novembre et d'avril.

III.1.4. Végétation

Dans les régions du Mumirwa et de l'Imbo, la forêt naturelle mésophile était présente avant les défrichements presque généralisés. Ce sont des forêts claires dominées par Brachystegia, Julbernardia, Isoberlinia. Actuellement on y trouve une savane herbeuse parsemée d'épineux et entrecoupée de galeries forestières et de quelques reboisements. Quelques forêts-galeries persistent encore le long des vallées encaissées.

La particularité de la plaine de la Rusizi est la présence d'une palmeraie de type Hyphaene benguellensis var. ventricosa « umuko », qui occupe densément un millier d'hectares ; son extension correspond à la première terrasse de la Rusizi ; ailleurs c'est la steppe à Bulbine abyssinica dans la réserve naturelle.

Les formations forestières artificielles, sont représentées essentiellement par des Pinus à Rugazi et des Eucalyptus à Gahongore et à Randa, dans la commune de Bubanza. Il existe aussi quelques plantations de Cupressus et de Callitris et d'autres arbres agroforestiers (Acacia, Cedrella, Calliandra, Leucaena, Grevillea) appartenant aux associations de tuiliers – briquetiers.

III.1.5. Sols

Pays à relief très accidenté, le Burundi présente une grande variété de sols selon le niveau complexe de pente qui caractérise chaque colline au sein même des unités cartographiées même à grande échelle (1/20.000 par exemple).

Dans le Mumirwa dominent les sols de types lithiques (lithsols), les hygroxéroferrisols sur matériaux argileux et argileux lourds ou les régosols plus minces sur les pentes.

De façon générale, les sols des versants demeurent jeunes, d'une épaisseur variable selon la pente et l'ampleur du décapage érosif mais à bon drainage. La jeunesse réduit l'acidité, tandis que la forte teneur en argile les rend vulnérables aux glissements de terrain et aux coulées boueuses. Ces sols, malgré une fertilité relative, sont très sensibles à l'érosion et nécessitent de grandes précautions d'utilisation selon le degré de la pente.

III.2. Matériel

❖ Matériel Végétal

Le matériel végétal est constitué de haricot dont la plupart est la variété locale dans les collines de notre zone d'étude. Le choix du haricot se justifie par le fait que c'est parmi les cultures vivrières les plus productives de la zone d'étude. Le tableau 2 montre la production des cultures vivrières rencontrées dans les provinces du Burundi.

Tableau 2 : La production des cultures vivrières de 2013 (en tonnes)

Culture	Saison	Bubanza	Bujumbura	Bururi	Cankuzo	Cibitoke	Gitega	Karusi	Kayanza	Kirundo	Makamba	Muramvya	Muyinga	Mwaro	Ngozi	Rutana	Ruyigi	Total par saison	Total 2013
	2013 A	2 033	3 008	2 421	2 993	3 729	4 829	3 967	3 672	16 852	3 440	1 225	10 312	880	6 702	3 847	6 301	76 211	
	2013 B	2 835	2 869	5 391	2 609	3 101	18 407	10 473	7 455	22 818	6 803	6 751	11 837	5 637	10 927	5 896	8 099	131 908	225 004
Haricot	2013 C	205	54	1 634	763	69	1 200	487	1 162	5 518	646	71	1253	233	1 790	948	852	16 885	
	2013 A	-	209	329	2	17	3 848	1 111	2 567	286	102	1 042	152	209	1 568	626	-	12 068	
	2013 B	44	287	31	64	-	2 770	1 142	1 588	149	-	1 155	242	502	552	1 139	196	9 861	23 132
Petit pois	2013 C	-	87	208	-	-	403	-	227	-	-	34	-	244	-	-	-	1 203	
	2013 A	3 282	3 859	6 064	1 962	5 494	17 465	5 989	4 604	10 585	3 350	6 824	7 913	4 658	3 531	6 312	5000	96 892	
	2013 B	3 917	1 243	6 630	4 086	1 265	13 594	2 534	574	3 857	6 331	71	2 526	2 970	1 186	5 856	1 492	58 132	162 417
Maïs	2013 C	118	231	-	-	-	431	126	973	1 326	-	124	1 331	65	1 615	1 053	-	7 393	
	2013 A	25	-	-	-	-	146	-	24	5 414	16	-	133	-	84	-	-	5 842	
	2013 B	-	-	-	3 190	136	346	1 090	-	3 990	-	153	2 315	-	1 652	2 555	4 698	20 125	31 452
Sorgho	2013 C	-	-	-	-	-	-	204	1 071	1 302	-	10	2 512	-	386	-	-	5 485	
	2013 A	274	-	-	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	256	-	-	617	
	2013 B	4 204	11 088	-	2 741	34	3 303	3 297	979	3 845	1 175	-	2 142	-	2 128	713	2 761	38 410	41 456
Riz	2013 C	385	994	-	-	932	-	-	-	65	-	-	-	-	-	53	-	2 429	
	2013 A	-	-	-	51	-	-	-	-	-	4	12	-	7	-	-	28	102	
	2013 B	-	-	-	228	-	226	366	4	190	60	34	-	120	22	218	206	1 674	1 806
Eulesine	2013 C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	30	
	2013 A	-	-	9	-	-	-	-	41	-	-	348	-	4	-	-	-	402	
	2013 B	-	-	-	206	-	102	-	1 735	-	-	-	-	114	-	28	-	2 185	6 422
Blé	2013 C	-	767	848	-	-	-	-	1 184	-	165	686	-	185	-	-	-	3 835	
	2013 A	30 264	74 361	17 454	26 911	45 273	56 190	46 691	37 069	13 136	77 354	21 357	43 046	12 610	8 811	28 600	61 812	600 939	
	2013 B	50 835	95 470	30 396	36 832	65 155	118 088	41 696	30 858	72 141	57 884	12 307	38 195	12 628	32 319	62 798	57 769	815 371	2 233 790
Manioc	2013 C	42 284	71 395	23 394	45 970	63 131	61 007	45 317	36 626	72 768	83 671	28 001	81 735	4 992	21 473	65 725	69 991	817 480	

Culture	Saison	Bubanza	Bujumbura	Bururi	Cankuzo	Cibitoke	Gitega	Karusi	Kayanza	Kirundo	Makamba	Muramvya	Muyinga	Mwaro	Ngozi	Rutana	Ruyigi	Total par saison	Total 2013
Pomme de terre	2013 A	-	5 989	8 358	122	159	7 349	4 796	6 964	6 106	379	9 285	1 756	3 163	8 109	2 331	749	65 615	122 899
	2013 B	-	986	-	33	13	1 530	1 409	8 395	3 294	79	5 261	1 942	398	1 915	57	178	25 490	
	2013 C	110	1 673	6 121	217	-	2 954	2 299	11 471	38	760	3 470	1 161	735	235	550	-	31 794	
Colocase	2013 A	-	7	47	86	4 496	2 523	2 891	1 203	7 939	347	17	8 248	3 114	53	4	179	31 154	136 184
	2013 B	2 769	-	324	3 499	5 750	5 574	2 730	502	16 541	11 373	1 648	4 127	586	771	7 680	3 886	67 760	
	2013 C	93	2 556	83	1 514	3 452	173	171	507	18 935	273	2 525	4 523	203	-	22	2 240	37 270	
Patate douce	2013 A	2 882	4 438	21 256	2 297	3 971	15 329	29 199	27 057	16 851	9 307	24 207	21 377	18 162	13 172	12 691	5 971	228 167	839 717
	2013 B	2 254	30 447	24 376	7 499	7 610	45 314	36 454	37 859	39 698	25 786	30 020	23 606	39 046	21 820	33 804	6 368	411 961	
	2013 C	2 516	15 714	12 026	2 769	4 430	12 898	11 189	32 580	22 207	6 006	20 281	30 351	8 930	8 100	5 882	3 710	199 589	
Banane	2013 A	14 444	36 201	43 380	21 602	46 235	34 019	57 466	26 667	94 975	28 484	33 236	86 956	15 111	68 884	15 498	19 248	642 406	2 235 698
	2013 B	13 079	18 947	32 685	30 988	53 947	71 991	72 381	33 374	127 505	21 023	33 521	45 809	18 024	92 818	26 961	47 223	740 276	
	2013 C	12 877	27 696	19 406	27 775	49 364	93 395	85 858	29 805	95 875	41 197	34 482	140 927	27 368	87 816	31 923	47 252	853 016	
Igname	2013 A	-	-	-	36	-	-	9	-	62	-	-	-	1	-	24	-	132	447
	2013 B	-	-	-	-	-	97	-	-	218	-	-	-	-	-	-	-	315	
	2013 C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	

Source : Rapport de l'ISTEEBU, 2014

Le tableau 2 montre la quantité annuelle des cultures vivrières de toutes les provinces. Les cultures vivrières produites dans la province de Bubanza sont : le haricot, petit poids, maïs, sorgho, riz, manioc, pomme de terre, colocase, patate douce et banane. Donc dans cette région, le haricot est parmi les cultures vivrières les plus productives.

III.3. Méthodologie de recherche

Cette partie consiste à poser d'une part les cadres théoriques abordés dans la recherche et d'autre part, les démarches méthodologiques mobilisées.

III.3.1. Travail préliminaire

Le travail préliminaire a consisté en la prise de contact avec le Directeur de Mémoire et les représentants des différents ONGs (l'ADISCO et JFW (Join for Water). La présente étude s'est réalisée dans la mise en œuvre du projet initié par JFW et ADISCO.

III.3.2. Recherches bibliographiques

Pour commencer à aborder le sujet de ce mémoire et rédiger l'état de l'art, une recherche bibliographique a été effectuée. Parcourir la littérature a permis de se renseigner sur la problématique, du système agricole actuel et de la transition agroécologique.

Cette recherche a également permis de définir ce qui est entendu par "agriculture écologique", et "innovations agroécologiques" et par conséquent va aider à identifier les agriculteurs pour les entretiens.

III.3.3. Travail de terrain

Cette phase concerne la collecte des données, à l'aide des outils appropriés. Dans les démarches méthodologiques, les principaux matériels et méthodes utilisées tout au long de la recherche sont précisés. Les matériels sont les outils mobilisés dans la réalisation de la recherche à savoir les logiciels, les questionnaires, etc. les méthodes développent les démarches d'analyses utilisées.

III.3.3.1. Méthode d'échantillonnage

Puisque l'étude s'est déroulée dans le cadre d'un projet, l'échantillonnage est constitué par une partie les ménages accompagnés par l'ADISCO et une partie des ménages considérés comme témoins. Cette dernière catégorie est choisie aléatoirement parmi les ménages repartis sur 9 collines des trois communes rurales de la province de Bubanza.

Pour déterminer la taille de l'échantillon, nous allons nous servir de l'équation de louis M. Rea et Richard A. Parker (1997). Cette approche donne un échantillon significatif qui peut représenter la population totale.

Equation : n= $\frac{tp^2 * P(1-P) * N}{tp^2 * (1-P) + (N-1) * Y^2}$

Avec :

n : taille de l'échantillon

N : taille de la population totale

P : probabilité qui donne la valeur maximale ici 0,5

tp : intervalle de confiance a 95% qui correspond à 1,96

Y : marge d'erreur de 5 %

Dans le contexte de cette enquête, le taux d'adoption des pratiques agro écologiques n'est pas connu dans la zone ciblée. Dans cette situation, la solution est que la valeur de p soit fixée au niveau de 0,5 ; valeur qui maximise la taille de l'échantillon. La marge d'erreur Y 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 c0mme une mesure de l'écart entre l'estimation obtenue à partir de l'échantillon et la vraie valeur du paramètre (Vaillant, 2010).

Ainsi la taille de l'échantillon s'équivaut à :

$$n= \frac{1,96^2 * 0,5(1-0,5) * 6062}{1,96^2 * (1-0,5) + (6062-1) * 0,05^2} = \frac{5821,9448}{17,0733} = 340,997$$

En arrondissant vers la valeur supérieure, nous obtenons un échantillon de 341 producteurs.

III.3.3.2. Les outils de Collecte des données

Les données primaires ont été recueillies à partir d'enquêtes quantitatives et qualitatives auprès des agriculteurs qui ont adopté et ceux qui n'ont pas adopté des pratiques agro écologiques.

Pour la réalisation de la collecte des données, l'on a eu recours à l'entrevue, à l'élaboration d'un questionnaire et les focus groupes.

- **L'entrevue**

Une entrevue nous a permis d'obtenir des renseignements. Dans une entrevue de recherche, il y a eu un intervieweur, la personne qui a coordonné le déroulement de la conversation et a posé des questions, et l'interviewé, la personne qui y a répondu.

- **Le questionnaire d'enquête**

Un questionnaire est une technique de collecte de données quantifiables qui se présente sous la forme d'une série de questions posées dans un ordre bien précis. Il nous a permis de recueillir un grand nombre de témoignages ou d'avis.

Les informations obtenues sont analysées à travers un tableau statistique ou un graphique. Le questionnaire a pour fonction principale de donner à l'enquête une extension plus grande et de vérifier statistiquement jusqu'à quel point sont généralisables les informations et hypothèses préalablement constituées.

- **Les focus groups**

Les focus groups nous ont permis d'identifier les pratiques agro écologiques et d'évaluation la perception des producteurs sur leurs impacts agroenvironnementaux

III.3.3.3. Identification des pratiques agroécologiques et évaluation de la perception des producteurs sur leurs impacts agroenvironnementaux

a. Identification des pratiques agroécologiques

Des focus groups, au nombre de sept, ont été conduits auprès de 341 producteurs des 9 collines de trois communes (Bubanza, Rugazi et Musigati) afin d'identifier les pratiques agroécologiques ainsi que leurs périodes d'introduction ou d'adoption. Pour y parvenir, nous avons utilisé un guide d'entretien comportant des outils que sont le profil historique. Des enquêtes complémentaires auprès de 159 producteurs de l'échantillon qui ont eu une formation agricole sur les pratiques agro écologiques et 182 qui ne l'ont pas eu ont également été réalisées à la suite des focus groups pour estimer la production de chaque ménage. Des ONGs intervenant auprès de producteurs dans l'expérimentation et le développement des pratiques agroécologiques ont été également interviewées en vue de trianguler les informations livrées par les producteurs.

L'identification des pratiques a permis de retenir des producteurs pour les enquêtes individuelles afin de comprendre leur perception quant à la production et aux impacts agroenvironnementaux des pratiques agroécologiques.

b. Evaluation de la perception des producteurs sur les impacts agroenvironnementaux des pratiques agroécologiques

L'évaluation s'est effectuée à travers des enquêtes individuelles. Les focus groups et les enquêtes complémentaires réalisés avec 341 producteurs, ont permis de choisir de façon aléatoire des producteurs pour les enquêtes individuelles. Le questionnaire d'enquête utilisé a permis de recueillir des informations sur les renseignements généraux (production, genre, âge du producteur, éducation, état civil), l'élevage (bovins, ovins, caprins, volailles, lapins) dont dispose le producteur, les pratiques agroécologiques (développement des fermes agro écologiques : agroforesterie, association des cultures, rotation des cultures, fossés antiérosifs ;biofertilisants ;bio pesticides ; micro irrigation), la perception du producteur sur l'évolution de la fertilité du sol et les facteurs responsables.

c. mode de prélèvement des échantillons de sol

Pour évaluer l'impact des pratiques agro écologiques sur le sol, nous avons retenu les informations de certains techniciens de l'ADISCO qui ont fait l'étude du sol avant et après avoir introduit les pratiques agro écologiques. Les prélèvements ont été faits au laboratoire de l'institut supérieur agronomique du Burundi(ISABU).

III.3.3.4. Paramètres de la production agricole

Le choix de considérer le haricot pour l'évaluation de la production des cultures a été justifié par le fait qu'il demeure parmi les cultures vivrières produites dans la zone d'étude. Nous avons estimé la production sur un hectare. Les bananiers, maïs et le manioc sont aussi plus productifs.

III.3.3.5. Evaluation de l'impact de l'adoption des pratiques agro écologiques

L'objectif de la recherche est d'analyser l'impact de l'adoption des pratiques agro écologique sur la production agricole en estimant la différence entre les agriculteurs adoptants et les non adoptants. Parmi la population enquêtée, la description statistique nous a permis de trouver 69 producteurs qui ont adopté tous les pratiques agro écologiques (développement des fermes agro écologiques, biofertilisants et biopesticides. Nous avons tiré 69 autres producteurs parmi les 182 qui n'ont eu une formation agricole comme la population témoin.

Nous avons analysé schématiquement avec l'histogramme l'évolution de la production du haricot dans trois ans depuis 2020 jusqu'en 2023 pour les pratiquants et les non pratiquants ainsi que l'élevage comme dispersion des revenus (activité de transition).

III.3.4. Analyses statistiques et Econométriques

Les données des entretiens (enquêtes) ont été saisies avec le logiciel Microsoft Excel version 2013 et analysées avec le logiciel STATA 17 et SPAD version 5.5. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) ont permis de de représenter graphiquement les corrélations entre les variables et de visualiser en même temps les individus qui sont dans la relation avec ces variables.

Les données de la production ont été saisies avec le logiciel Microsoft Excel et analysées avec le logiciel STATA version 2017. L'intervalle de confiance était au seuil de 5 % selon le test de Fischer. Le test de Breusch-pagan était aussi utilisé pour tester l'hétéroscédasticité.

III.3.4.1. Les variables du modèle économétrique

Les variables utilisées dans notre modèle économétrique sont montrées dans le tableau 3. :

Tableau 3 : Variables du modèle et modalité

Modèle	Nom de la variable	Nature de la variable	Modalité
Y2022	Production de l'an 2022	Quantitative	
Formagr	Formation agricole	Qualitative	1=oui 0=non
Dfae	Développement des fermes agro écologiques	Qualitative	1=oui 0=non
Biof	Biofertilisant	Qualitative	1=oui 0=non
Biop	Bio pesticide	Qualitative	1=oui 0=non
Age	Age	Quantitative	
Sex	Genre	Qualitative nominale	
Edu	Niveau d'éducation	Qualitative ordinale	0=aucune 1=primaire 2=secondaire 3=supérieur
Bov	Bovin	Quantitative	
Cap	Caprins	Quantitative	
Lap	Lapins	Quantitative	
Vo	Volailles	Quantitative	
Ha	Hectares	Quantitative	
$\square_i$	Terme d'erreur		

Source : Auteur

III.3.4.2. présentation du modèle

Pour analyser l'impact des innovations agro écologiques sur la production agricole, nous avons utilisé le modèle MCO (Moindres carrées ordinaires) qui est un modèle de régression d'une variable quantitative sur mélange de variables binaires et quantitatives.

Les régressions sont les outils qui permettent, entre autre, d'estimer l'effet marginal de la variation d'une unité de la variable indépendante sur la variable dépendante.

Pour pouvoir assumer que les coefficients de la MCO sont non biaisés, c'est-à-dire que la valeur prédite par l'estimateur converge vers la valeur dans la population, on doit faire l'hypothèse que les quatre conditions suivantes sont respectées dans notre échantillon.

1. Les paramètres suivent une fonction linéaire

Modèle ***: $Y = \beta_0 + \beta 1 formagr + \beta_2 Dfae + \beta_3 Biof + \beta_4 Biop + \beta_5 Age + \beta_6 Sex + \beta_7 Edu + \beta_8 Bov + \beta_9 cap + \beta_{10} vol + \square_i$***

Où formagr : la formation agricole ; Dfae : le développement des fermes agro écologiques ; Biof : biofertilisant ; Biop : bio pesticide ; Age : âge du producteur ; Edu : éducation ; Bov : Bovins, Cap : caprins ; Vol : Volailles et $\square_i$: le terme d'erreur.

2. L'échantillon est identique et indépendamment distribué (iid). Les variables indépendantes sont aléatoires (dont la valeur est déterminée après la réalisation d'un phénomène), suivent une même loi de probabilité (une loi normale) et indépendantes (aucune variable n'a aucune influence sur l'autre) (Hurlin, 2009)

   Le test de Jarque et Bera, fondé sur la notion de coefficient d'asymétrie « Skewness » et d'aplatissement « Kurtosis » mous a permis de vérifier la normalité d'une distribution statistique (Bourbonnais, 1998)

3. L'espérance du terme d'erreur sachant x est égale à Zéro. E (u/x) = 0

   Nous avons vérifié que la variable d'erreur est hétéroscédastique. De plus, cette hétéroscédasticité n'est pas connue en pratique car elle dépend des paramètres à estimer.

La plus simple est le test de Breusch-pagan :

Récupérer les résidus de la régression qu'on désire teste, générer le carré des résidus, régresser le carré des résidus sur les variables indépendantes de la régression originale et tester si les coefficients sont conjointement significatifs. (test F ou test LM)

Pour remédier au problème d' hétéroscédasticité, nous pouvons éventuellement utiliser l'estimateur des MCO robuste.

4. Pas de multi colinéarité exacte (pas de combinaison linéaire entre les variables explicatives.

Le test de multi colinéarité (VIF) a été utilisé. Si le VIF est plus proche de 1, alors le modèle est beaucoup plus robuste car les facteurs ne sont pas influencés par la corrélation avec d'autres facteurs. Donc, il y a l'absence de la multi-colinéarité.

Conclusion du troisième chapitre

Ce chapitre nous a permis de montrer la localisation, la justification de la zone d'étude et de présenter les méthodes de collecte et d'analyse des données. Ainsi, la détermination de l'échantillon et la collecte des données ont permis d'avoir les informations sur l'identification des pratiques agro écologiques et évaluation de la perception des producteurs sur leurs impacts agroenvironnementaux.

Le chapitre suivant montre la présentation et discussion des résultats.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Présentation et analyse des résultats

Nous présentons les résultats de l'estimation du modèle des moindres carrés ordinaires qui est le modèle de régression linéaire, les résultats de l'analyse en composantes principales. Nous présentons aussi les résultats de la perception des producteurs sur l'impact agroenvironnemental des pratiques agro écologiques, les résultats de l'évolution de la production agricole et les résultats de l'échantillon du sol.

IV.1.1. Les résultats du modèle MCO

Les résultats de l'estimation du modèle sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4: Résultats de l'estimation

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	337
				F(14, 322)	=	8.92
Model	98400.3027	14	7028.59305	Prob > F	=	0.0000
Residual	253588.445	322	787.541755	R-squared	=	0.2796
				Adj R-squared	=	0.2482
Total	351988.748	336	1047.58556	Root MSE	=	28.063

Y2022	Coefficient	Std. err.	T	P>t	[95% conf.	interval]
Formagr	19.9358	3.792665	5.26	0.000	12.47427	27.39733
Dfae	5.363108	3.81394	1.41	0.001	-2.14028	12.8665
Biof	2.098457	3.930682	0.53	0.004	-5.634605	9.831519
Biop	8.881552	4.955168	1.79	0.000	-.8670395	18.63014
Mirr	-6.44467	5.158483	-1.25	0.212	-16.59326	3.703916
Sexe	-4.65488	3.179973	-1.46	0.144	-10.91103	1.601268
Age	-.1670508	.2516096	-0.66	0.507	-.662057	.3279555
Edu	-3.723784	2.327682	-1.60	0.111	-8.30317	.8556017
Taillefam	.7030091	1.132684	0.62	0.535	-1.525386	2.931404
Bov	2.212907	1.748432	1.27	0.007	-1.226885	5.652699
Ca	3.200143	.877972	3.64	0.000	1.472857	4.927429
Lap	1.493219	.7998054	1.87	0.003	-.0802848	3.066723
Vol	-1.101756	.7356871	-1.50	0.135	-2.549117	.3456038
_cons	184.3502	30.1819	6.11	0.000	124.9716	243.7288

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

Il s'agit en effet de présenter les résultats de la régression économétrique de notre modèle de base qui vont nous aider à vérifier les hypothèses qui sous-tendent une régression linéaire multiple (les tests de normalité des erreurs, de l'hétéroscédasticité et de multi colinéarité).

Ces résultats sont obtenus avec le logiciel STATA 17 et concernent des données collectées auprès des producteurs par l'application Kobocollect et téléchargées sous l'extension Excel.

Avant l'interprétation des résultats du modèle, nous allons d'abord vérifier si les hypothèses qui sous-tendent une régression linéaire multiple sont vérifiées.

1. Test de normalité des erreurs

Il consiste à vérifier si les données réelles suivent une loi normale. Il ait posé deux hypothèses :

H0 : absence de normalité des erreurs

H1 : présence de normalité des erreurs

Les résultats sont repris dans le tableau 5

Tableau 5 : Test de normalité des erreurs

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj	chi2(2)	Prob>chi2
Residu	337	0.0011	0.0000		26.05	0.0000

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

D'après les résultats du tableau 5, nous acceptons l'hypothèse alternative de normalité des erreurs car la probabilité du test de chi2 est inférieure à 0,05(0.0000). Donc les données réelles suivent une loi normale.

2. Test de l'hétéroscédasticité des résidus

L'indentification de l'hétéroscédasticité peut être faite à l'aide de plusieurs tests, par exemple les tests de Breusch-pagan, test de Goldfeld, test de Gleisjer et test de white. Mais pour notre étude, nous avons préféré utiliser le test de Breusch-pagan pour tester l'hétéroscédasticité.

Le problème du test est :

H0 : homoscédasticité

H1 : hétéroscédasticité

Si la probabilité associée au test est inférieure à α, on rejette l'hypothèse d' homoscédasticité (H0). Si elle supérieure à α, l'hypothèse nulle n'est vérifiée et nous supposons l'homoscédasticité des résidus.

Avec α=5% : seuil de significativité. L'idée générale de ces tests est de vérifier si le carré des résidus peut être expliqué par les variables explicatives du modèle. Si c'est le cas il y a l'hétéroscédasticité.

La plus simple est le test de Breusch-pagan :

Breusch-pagan / cook -weisbrg test for heteroskedasticity

H0 : constant variance

Variables : fitted values of Y2022

chi2(1) = 17.55

Prob > chi2 = 0.0000

La statistique du test chi2 est 17.55, la p-value correspondante a la statistique du chi2 est 0,0000, donc inférieure à 0,05. Nous acceptons l'hypothèse alternative. Il y a l' hétéroscédasticité, ce qui signifie que la variance des erreurs n'est pas la même dans toutes les observations faites. Donc on va corriger l' hétéroscédasticité avant l'interprétation.

3. Test de multi-colinéarité

Ce test permet d'évaluer s'il y a l'absence ou la présence de multi-colinéarité. Le tableau 6 illustre les résultats du test de multi-colinéarité.

Tableau 6 : Test de multi colinéarité

Variable	VIF	1/VIF
Age	1.98	0.504580
Taillefam	1.91	0.524632
Biop	1.69	0.590916
Biof	1.63	0.613230
Formagr	1.53	0.652386
Dfae	1.46	0.684121
Mirr	1.41	0.706758
Edu	1.30	0.770434
Bov	1.23	0.813277
Vol	1.13	0.883027
Ca	1.13	0.888027
Lap	1.12	0.895994
Sexe	1.06	0.947837
Ha	1.04	0.966006
Mean VIF	1.40	

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

Le VIF de ces variables est plus proche de 1, alors le modèle est beaucoup plus robuste car les facteurs ne sont pas influencés par la corrélation avec d'autres facteurs. Donc, il y a l'absence de la multi-colinéarité.

IV.1.2. Analyse de la significativité des coefficients du modèle

L'analyse de la significativité du modèle se fera en deux étapes : l'analyse de vue de la qualité globale d'une part et celle de la qualité individuelle des coefficients d'autre part.

Premièrement nous allons nous interroger sur la significativité globale du modèle, c'est-à-dire si l'ensemble des variables explicatives ont une influence sur la variable dépendante.

Ce test peut être formulé de la manière suivante : existe-t-il au moins une variable explicative significative ?

L'appréciation de la qualité globale du modèle se fait avec la statistique de Fischer, qui indique si les variables explicatives ont une influence sur la variable dépendante. Soit le test d'hypothèse suivant :

H0 : tous les coefficients du modèle sont nuls

H1 : il existe au moins un coefficient no nul

L'arbitrage se fait par la comparaison de la valeur de f-statistique estimée à celle tabulée par Fischer. Le logiciel STATA 17 fournit automatiquement la probabilité associée à la F-statistique calculée, ce qui facilite grandement l'analyse. Il suffira donc de comparer la probabilité associée à la F-statistique au seuil de 5% retenu.

Si la probabilité associée à la F-statistique calculée est inférieur à 5%, l'hypothèse nulle sera rejetée au profit de l'hypothèse alternative selon laquelle la régression est globalement significative.

Donc pour notre cas, la statistique de Fischer calculée par le logiciel STATA 17 est F (14, 322) = 8.92 et la probabilité associée est inférieure à 5%(0.0000) ; L'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif. Ce résultat est conforme à la valeur de la statistique R^2 ajustée (0.2482) qui renseigne aussi la qualité du modèle économétrique (R^2 tend vers zéro). Le tableau 7 montre les résultats des estimations statistiques des MCO robuste.

Tableau 7: Résultats des estimations statistiques des MCO robuste

Y2022 : production	Variable	Coefficient	P>t
Formagr	formation agricole	19.9358	0.000
Dfae	le développement des fermes agro écologiques	5.363108	0.001
Biof	Biofertilisants	2.098457	0.004
Biop	bio pesticides	8.881552	0.000
Mirr	Micro irrigation	-6.44467	0.212
Sexe	Sexe	-4.65488	0.144
Age	Age	-0.1670508	0.507
Edu	Education	-3.723784	0.111
Taillefam	Taille du ménage	0.7030091	0.535
Bov	Bovins	2.212907	0.007
Ca	Caprins	3.200143	0.000
Lap	Lapins	1.493219	0.003
Vol	volailles	-1.101756	0.135
Cons	constante	184.3502	0.000

Source : Auteur à l'aide de STATA 17

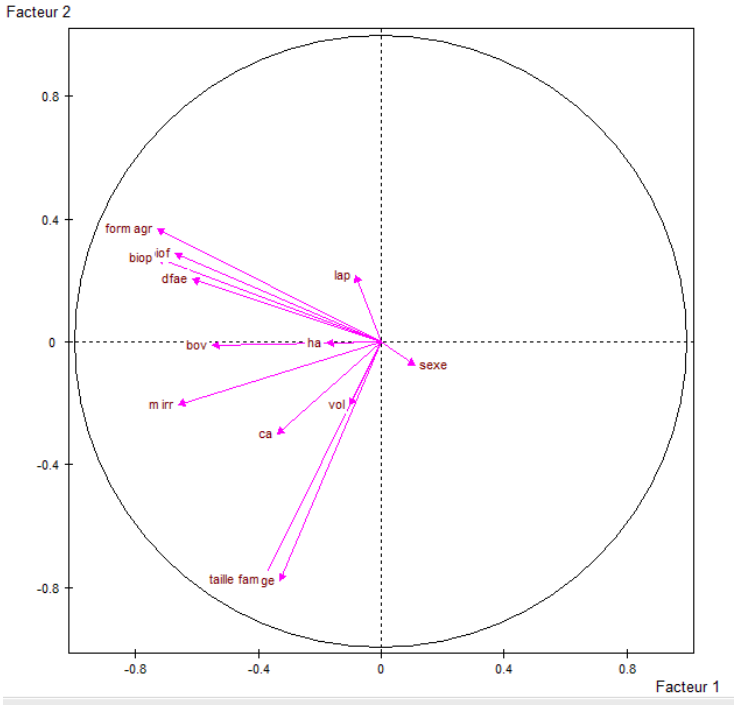
La formation agricole, le développement des fermes agro écologiques, les biofertilisants, les bio pesticides, les bovins, les caprins, les lapins influencent positivement la production du haricot car leurs coefficients sont positifs et sont significatifs car leurs probabilités sont inférieures à 5%. C'est-à-dire qu'ils ont un impact positif sur la production agricole.

Par exemple si les bovins augmentent d'une unité, toute chose étant égale par ailleurs, la production agricole augmente de 2,21. Les autres variables ne sont pas significatifs car leurs probabilités sont supérieures à 5%. Par exemple le sexe, l'âge influencent négativement la production agricole mais ils ne sont pas significatifs car leurs probabilités sont supérieures à 5%.

IV.1.3. Analyse en composantes principales(ACP)

La figure 5 représente graphiquement un résume descriptif des corrélations entre les variables**.**

Figure 5 : Analyse en composantes principales



Source : Auteur lui-même à l'aide de SPAD5.5

Les variables (form agr, biof, biop, dfae, bov, lap) sont corrélées positivement dans le même sens, ces dernières variables sont corrélées négativement avec la variable sexe. Cela signifie par exemple qu'un producteur agricole qui a eu une formation agricole pratique beaucoup ces innovations agro écologiques (développement des fermes agro écologiques, biofertilisants et bio pesticides) et il pratique de plus l'élevage des bovins et lapins.

IV.1.4. Pratiques agroécologiques identifiées dans la zone d'étude

Les pratiques agro écologiques (AE) identifiées lors des focus dans la zone d'étude, sont les mêmes. Il s'agit de développement des fermes agro écologiques (agroforesterie, rotation et association des cultures, les fosses anti érosifs, les haies vives, le paillage) ; les biofertilisants (l'apport de la fumure organique sous forme de compost ou fumier) ; les bio pesticides, retenu d'eau de pluie. Les proportions des producteurs qui ont une formation agricole sont représentées par le tableau 8. Les 46,63 % de l'échantillon (159) ont eu une formation agricole et 53,37% de l'échantillon (182) ne l'ont pas eu.

Tableau 8 : Formation agricole

Form agr	Freq.	Percent	Cum.
0	182	53.37	53.37
1	159	46.63	100.00
Total	341	100.00	

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

a. Développement des fermes agro écologiques

Le tableau 9 présente le nombre en pourcentage des ménages qui pratiquent le développement des fermes agro écologiques et ceux qui ne les pratiquent pas. 38,12% de l'échantillon (130) des producteurs n'utilisent pas ces types de pratiques et 61,88% de l'échantillon (211) les pratiquent dans leurs champs de cultures. Nous cherchons à analyser l'impact de cette variable sur la production agricole.

Tableau 9 : Pratique du dfae

Dfae	Freq.	Percent	Cum.
0=non	130	38.12	38.12
1=oui	211	61.88	100.00
Total	341	100.00	

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

b. Les biofertilisants

Le tableau 10 montre ceux qui utilisent les biofertilisants dans leurs champs de cultures et ceux qui utilisent les engrais chimiques.

Les 43,99% de l'échantillon (150) ont accepté d'utiliser les biofertilisants et 56,01% de l'échantillon (191) utilisent les engrais chimiques.

Tableau 10 : Pratique des biofertilisants

Biof	Freq.	Percent	Cum.
0	191	56.01	56.01
1	150	43.99	100.00
Total	341	100.00	

Source : Construit par l'auteur à **l'aide de stata 17**

L'explication de ces résultats va montrer l'impact de cette variable sur la production agricole

c. Les biopesticides

Le tableau 11 illustre les producteurs qui utilisent les biopesticides.

Tableau 11 : Pratique des biopesticides

Biop	Freq.	Percent	Cum.
0	272	79.77	79.77
1	69	20.23	100.00
Total	341	100.00	

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

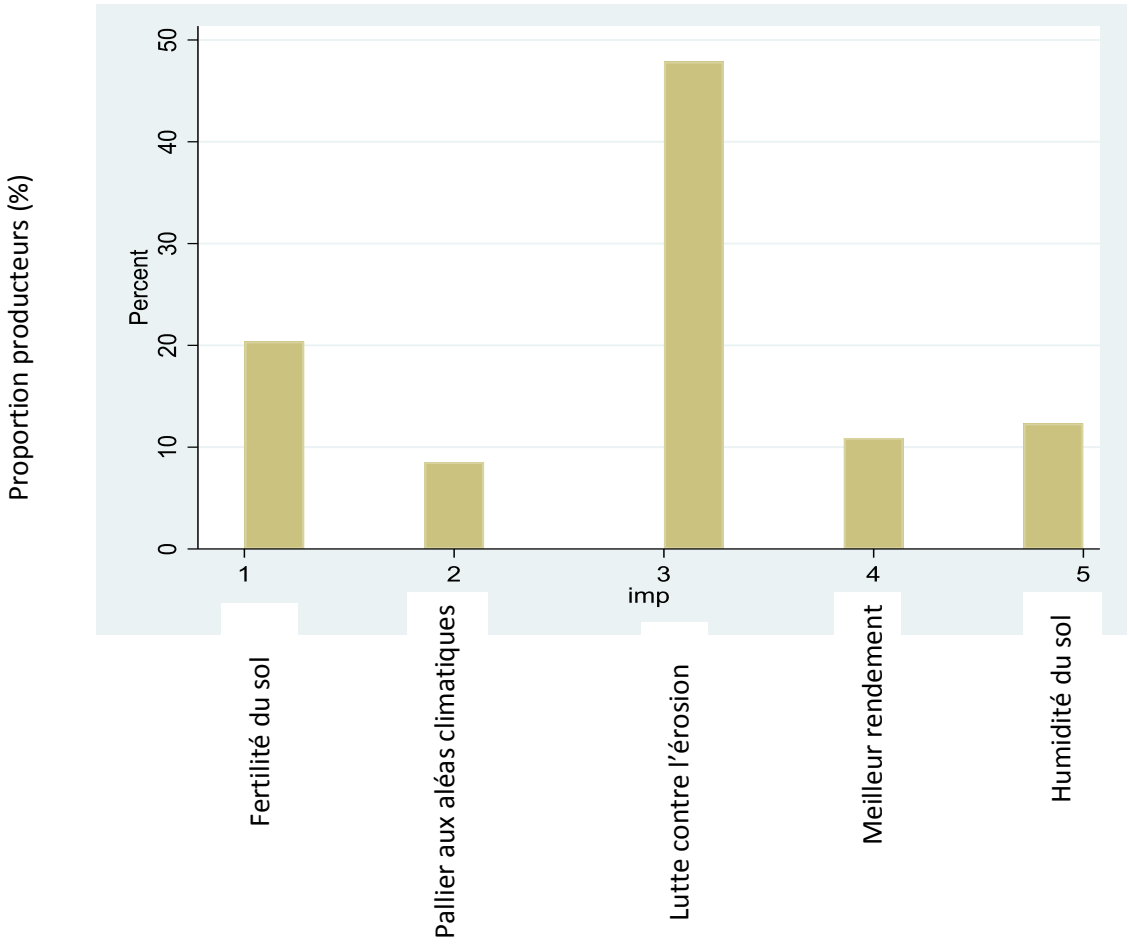
Parmi les producteurs enquêtés, 20,33% de l'échantillon (soit 69) utilisent les biopesticides et 79,77% de l'échantillon (soit 272) ne les utilisent pas. Nous cherchons à analyser l'impact de cette variable sur la production agricole.

IV.1.5. Perception des producteurs sur l'impact agroenvironnemental des pratiques agroécologiques

a. Perception des producteurs sur l'impact agroenvironnemental du développement des fermes agro écologiques

Les raisons qui amènent les producteurs à pratiquer agroforesterie, rotation et association des cultures, les fossés anti érosifs, les haies vives, le paillage sont représentées par la figure 6. Ces pratiques sur le sol se font dans le but d'améliorer sa fertilité selon 20,38% (43) des producteurs parmi les 211 de l'échantillon, pallier aux aléas climatiques pour 8,53% de l'échantillon (18), 47,87% de l'échantillon soit 101 c'est pour lutter contre l'érosion hydrique, d'avoir un meilleur rendement pour 23 producteurs soit 10,90% de l'échantillon et de favoriser une meilleure conservation de l'humidité du sol pour 12,32% de l'échantillon (26).

Figure 6 : Impact agroenvironnemental des fermes agro écologiques

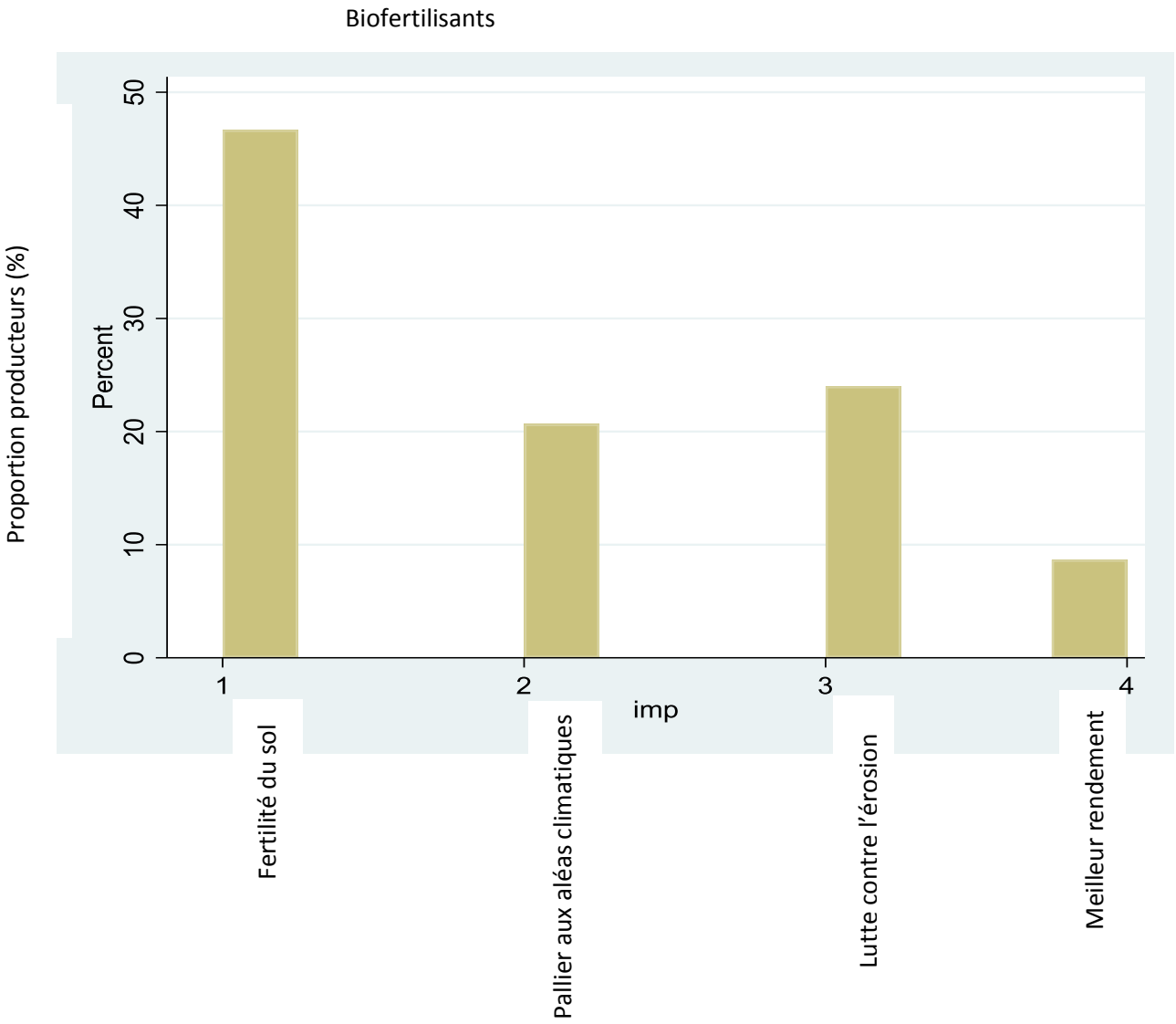


Source : Auteur à l'aide d'Excel 2013

b. Perception des producteurs sur l'impact agroenvironnemental des biofertilisants

La figure 7 illustre l'impact de l'utilisation des biofertilisants. L'utilisation des biofertilisants permet principalement d'améliorer la fertilité des sols pour 46,67 % de l'échantillon parmi les 150 qui utilisent ces types des pratiques agro écologiques ; de pallier aux aléas climatiques pour 20,67% de l'échantillon ; de lutte contre l'érosion pour 24 % de l'échantillon et d'avoir un meilleur rendement pour les 8,67% de l'échantillon.

Figure 7 : Impact agroenvironnemental des biofertilisants

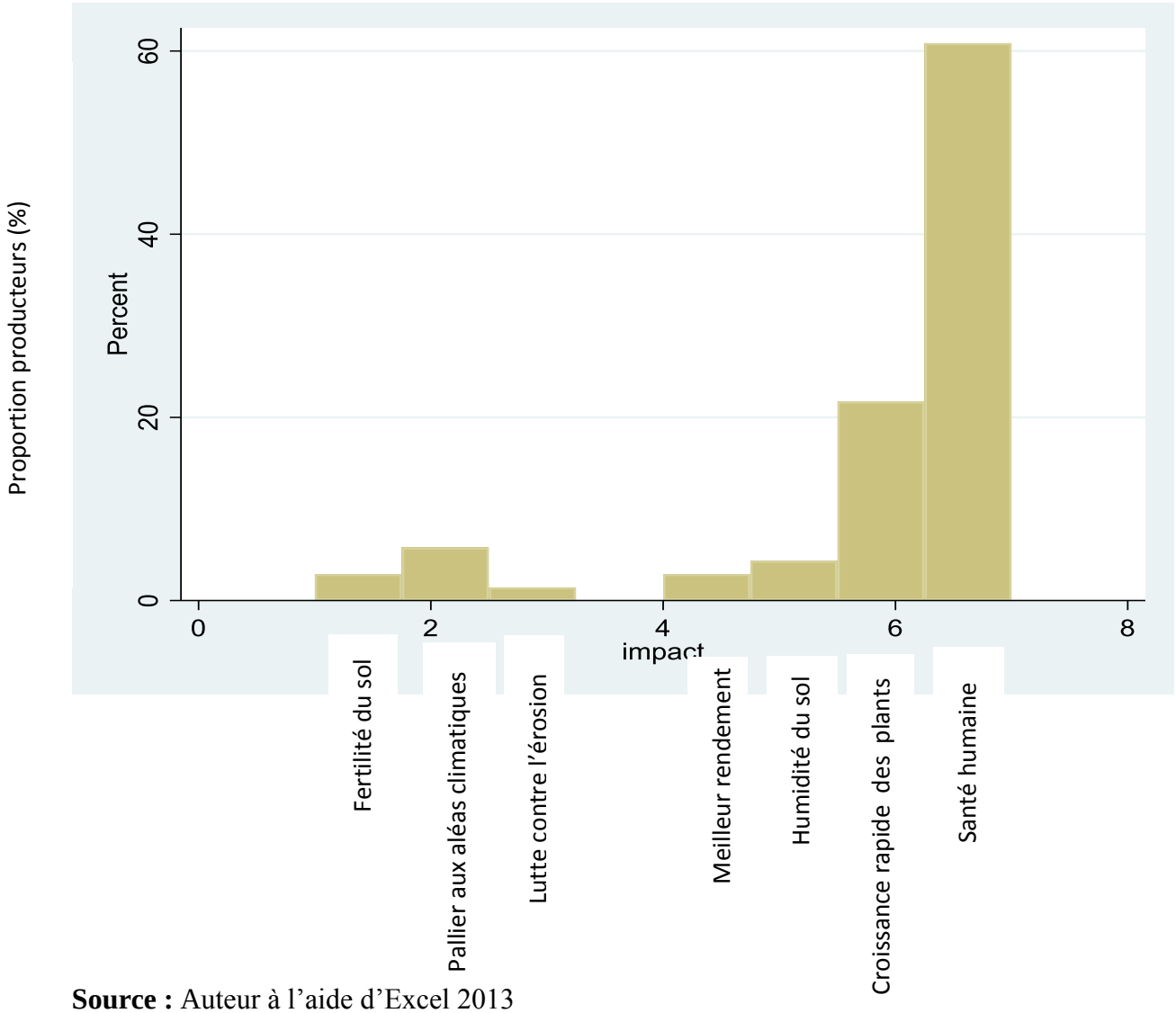


Source : Auteur à l'aide d'Excel 2013

c. Perception des producteurs sur l'impact agroenvironnemental des biopesticides

L'utilisation des pesticides est perçue comme une voie de protéger la santé des producteurs par 60,87% de l'échantillon. 21,744% c'est pour la croissance rapide des plants, 2,90%, l'utilisation des pesticides a pour but de gérer la fertilité des sols. Les producteurs qui ont justifié que l'objectif est de pallier aux aléas climatiques et de lutte contre l'érosion sont respectivement 5,80% et 1,45% de l'échantillon comme le montre la figure 8.

Figure 8 : Impact agroenvironnemental des biopesticides



Source : Auteur à l'aide d'Excel 2013

IV.1.6. Perception des producteurs sur les difficultés d'adoption de l'agro écologie

Les difficultés qui empêchent les producteurs à adopter les pratiques agro écologiques sont représentées par le tableau 12. le premier difficulté est la manque d'espace cultivable selon 47,87% (101) des producteurs parmi les 211 de l'échantillon, manque du pouvoir d'achat pour 20,85% de l'échantillon (44), 20,38% de l'échantillon soit 43 c'est la manque des matériels agricoles, la manque de formation suffisante pour 23 producteurs soit 10,90% de l'échantillon.

Tableau 12 : Perception des producteurs sur les difficultés d'adoption de l'agro écologie

Difficultés	Freq.	Percent	Cum.
1=manque des matériels	43	20.38	20.38
2= pas pouvoir d'achat	44	20.85	41.23
3= manque d'espace	101	47.87	89.1
4=manque de formation	23	10.90	100.00
Total	211	100.00	

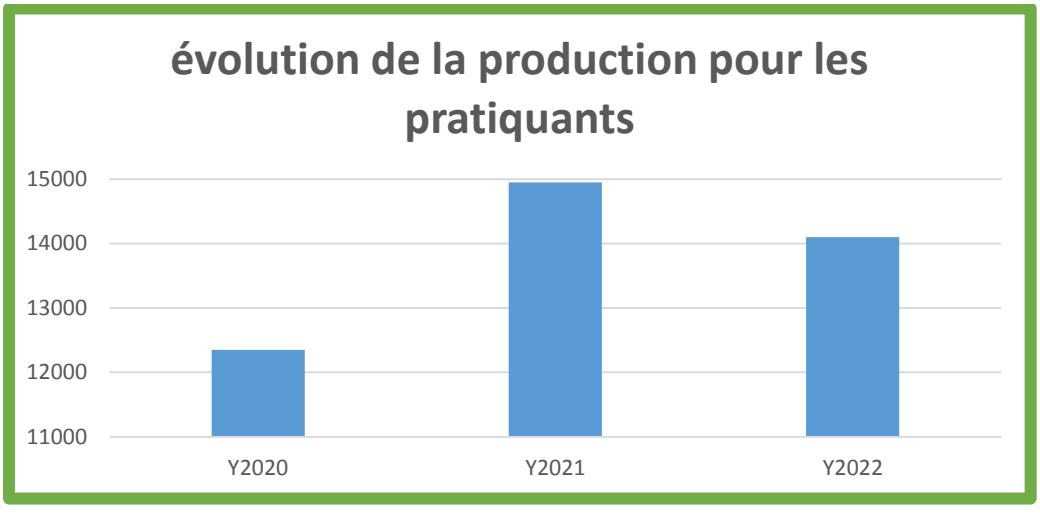
Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

IV.1.7. Impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole

a. Impact des pratiques agroécologiques sur la production du haricot

La figure 9 illustre l'évolution de la production du haricot de l'an 2020 à 2022 pour les 69 agriculteurs qui ont adopté tous les trois catégories des pratiques agro écologiques. Les pratiques agroécologiques ont été mises en œuvre en 2020 ; il y a eu une augmentation de la production de 21% en 2021 mais en 2022 la production a en peu chutée. Les producteurs ont expliqué que c'est lié aux chocs climatiques qui se sont déroulés dans le pays cette année.

Figure 9 : Evolution de la production du haricot de l'an 2020 à 2022 pour les pratiquants



Source : Auteur à l'aide d'Excel 2013

Le tableau 13 montre la moyenne en kg/ha de la production du haricot pour un ménage qui pratique l'agro écologie.

Tableau 13 : La moyenne de la production du haricot pour un ménage pratiquant

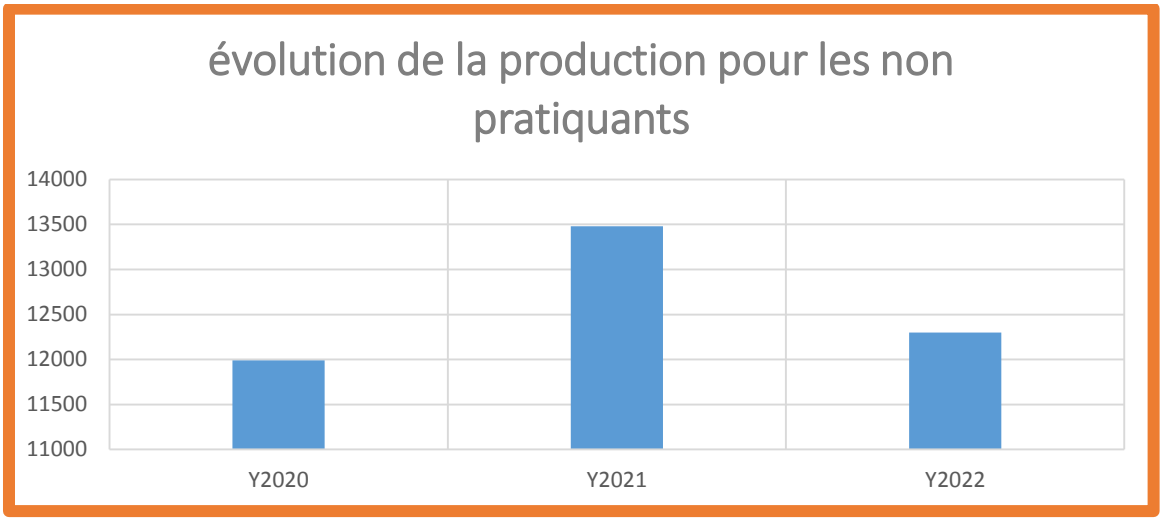
Variable	Mean	Std. Dev.	Std. err.	Min	Max
Y2022	208.2857	35.42583	4.234197	150	300

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

Au cours de l'année 2022, la production moyenne du haricot pour un ménage qui a adopté les pratiques agro écologiques est de 208,2857 kg/ha. La production minimale est de 150kg/ha tandis que la production maximale est de 300 kg/ha.

La figure 10 montre l'évolution de la production du haricot de l'an 2020 à 2022 pour les 69 agriculteurs qui n'ont pas adopté les pratiques agro écologiques. La production a beaucoup baissée en 2022. Ces agriculteurs ont justifié aussi que c'est à cause du changement climatique.

Figure 10 : Production du haricot de l'an 2020 à 2022 pour les non pratiquants



Source : Auteur à l'aide d'Excel 2013

Le tableau 14 montre la moyenne en kg/ha de la production du haricot pour un ménage qui ne pratique pas l'agro écologie.

Tableau 14 : La moyenne de la production du haricot pour un ménage non pratiquant

Variable	Mean	Std. Dev.	Std. err.	Min	Max
Y2022	162.7143	31.77919	3.79834	100	250

Source : Construit par l'auteur à l'aide de stata 17

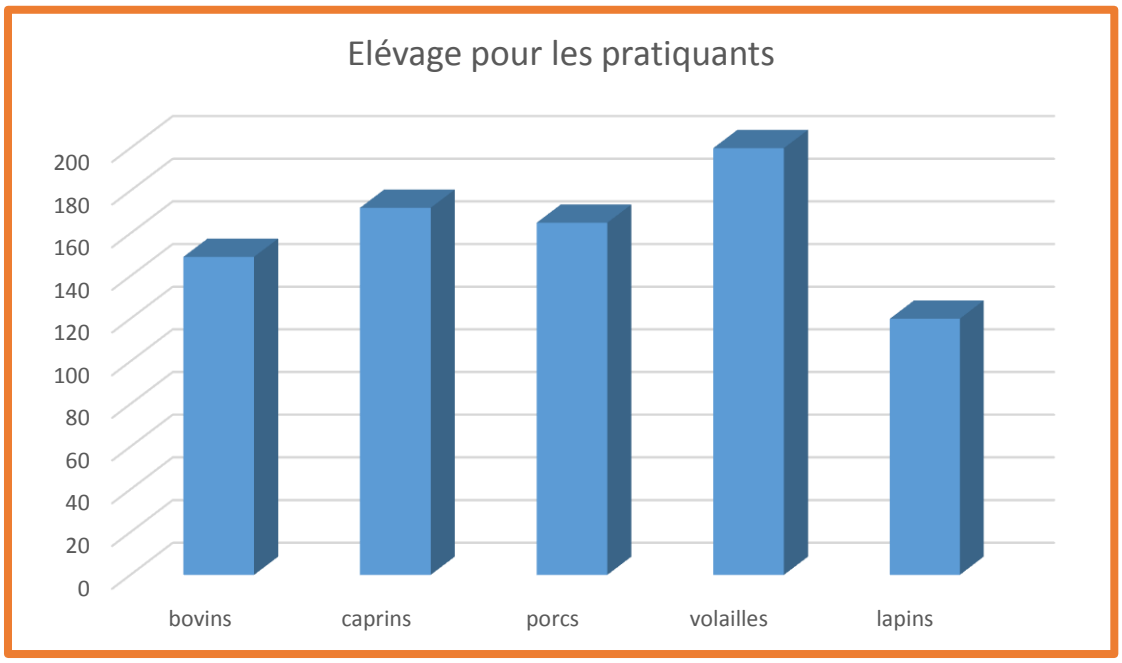
Au cours de l'année 2022, la production moyenne du haricot pour un ménage qui n'a pas adopté les pratiques agro écologiques est de 162,7143 kg/ha. La production minimale est de 100 kg/ha tandis que la production maximale est de 250 kg/ha.

La différence qui résulte entre les deux observations précédentes est que ; s'il y a un choc climatique, la production va baisser beaucoup plus pour les producteurs qui ne font pas des pratiques agroécologiques car leur sol est dégradé et va leur coûter plus cher pour la restauration. Quand le sol est dégradé, les coûts de production agricole augmentent et le surplus du producteur va diminuer.

Les producteurs qui ont adopté les pratiques agro écologiques ont expliqué qu'au lieu d'acheter les engrais chimiques, ils investissent dans l'élevage pour avoir de la fumure organique suffisante grâce au recyclage des résidus de la récolte par le bétail.

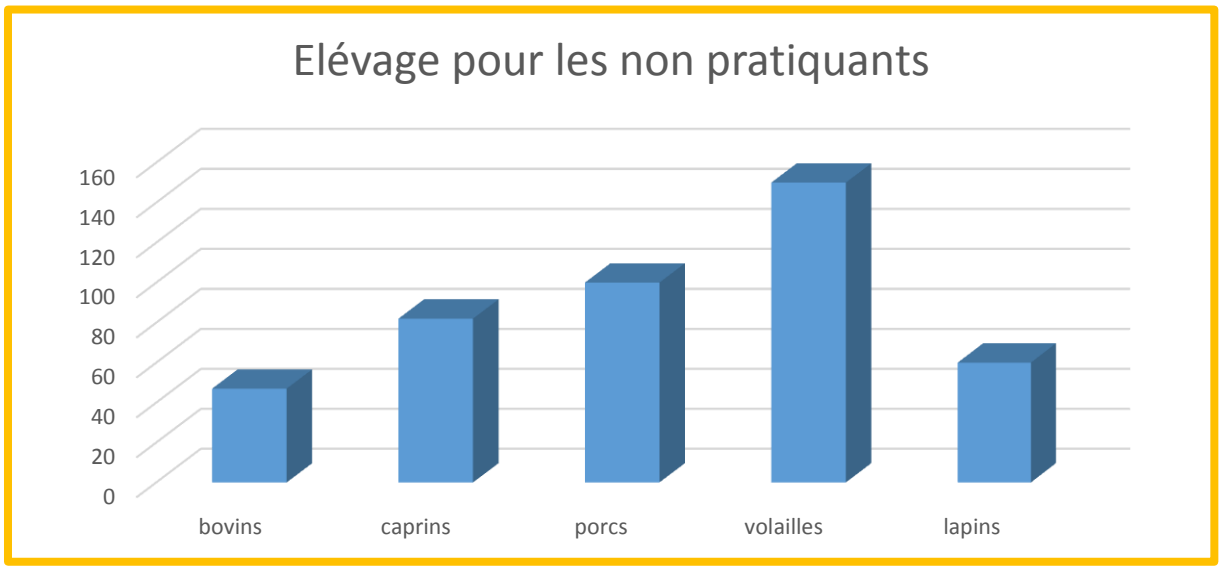
La figure 11 illustre le nombre de bétail (bovins, caprins, porcs), les volailles et lapins des producteurs qui font l'agro écologie. Les nombres maximaux des bovins, caprins et porcs pour un seul ménage sont respectivement six(6), sept(7) et quatre(4).

Figure 11 : Elevage pour les pratiquants



La figure 12 montre le nombre de bétail (bovins, caprins, porcs), des volailles et lapins des producteurs témoins qui ne font pas l'agro écologie. Les nombres maximaux des bovins, caprins et porcs pour un seul ménage sont respectivement trois(3), quatre(7) et quatre(4) et beaucoup d'entre eux n'en ont pas.

Figure 12 : Elevage pour les non pratiquants



Les producteurs qui disposent plus de bétail sont ceux pratiquent l'agro écologie dans leurs champs de culture. Les pratiques agro écologiques rétablissent la résilience et la viabilité en créant des revenus stables qui participent au développement rural.

IV.1.8. Impact des pratiques agro écologiques sur l'environnement

Les résultats des analyses chimiques des échantillons des sols des différentes pratiques agro écologiques sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

Avant la plantation du haricot, les teneurs en carbone sont de 2,04%, en azote sont de 0,332% avec le pH de 6,83 comme le montre le tableau 15.

Tableau 15 : Etude du sol avant la plantation du haricot

N.O	Echantillon	no Labo	pH (eau)	carbone %	Azote total, %
1	SOL.BUBANZA	L2289	6,83	2,04	0,332

Source : Résultats de laboratoire de l'ISABU des échantillons du sol apportés par ADISCO

Apres la plantation du haricot :

Avec l'utilisation de la fumure organique, le pH est resté presque stable (6,83 à 6,8) ; le carbone en pourcentage est élevé de 2,04 à 2,51 et l'azote total en pourcentage est élevé de 0,332 à 2.

Avec l'usage des engrais chimiques, le pH est élevé de 6,83 à 7,17 ; le carbone en pourcentage a varié de 2,04 à 2,32 et l'azote total en pourcentage a diminué de 0,332 à 0,208.

Avec l'usage des engrais chimiques et la matière organique, le pH a diminué de 6,83 à 6,35 ; le carbone en pourcentage a diminué de 2,04 à 2,03 et l'azote total en pourcentage a diminué de 0,332 à 0,311. Ces résultats sont représentés par le tableau 16.

Tableau 16 : Etude du sol après la plantation du haricot

N.O	Echantillon	no Labo	pH (eau)	carbone %	Azote total, %
1	Lot1 Bub F.O	M 84	6,8	2,51	2
2	Lot1 Bub E.C	M 85	7,15	2,32	0,208
3	Lot1 Bub E.C + M.O	M 87	6,35	2,03	0,311

Source : Résultats de laboratoire de l'ISABU des échantillons du sol apportés par ADISCO

IV.2. Discussion des résultats

IV.2.1. Facteurs de l'adoption de pratiques par les producteurs

Plusieurs facteurs doivent être considérés pour la mise en place de stratégies d'adaptation au changement climatique. Les approches multidisciplinaires devraient donc dominer (LOCEAN et al., 2015).

Premièrement, l'innovation agricole requiert l'identification et la compréhension des pratiques existantes des populations ciblées qui ont souvent développé des connaissances importantes sur l'adaptation à des environnements défavorables et aux chocs climatiques. Les savoirs traditionnels et scientifiques devraient être combinés à travers des approches participatives pour une amélioration de la gestion des systèmes agricoles existants.

Les stratégies d'adaptation ont une meilleure chance d'être adoptées, appropriées, et de réussir si elles sont basées sur les connaissances indigènes.

Deuxièmement, la question de l'acceptation sociale des innovations techniques doit être posée. Des meneurs locaux, qui testent et promeuvent les innovations réussies pourrait contribuer à cette acceptation et appropriation.

En outre, les facteurs sociaux et culturels peuvent stimuler ou limiter l'innovation. La vulnérabilité et la capacité d'adaptation des communautés humaines sont liées aux moyens de subsistance, au rôle des filets de sécurité sociale, et autre mesures de protection sociale (assistance mutuelle, microcrédit…). En outre, l'adaptation repose parfois sur une modification des valeurs et attentes fondamentales qui peuvent rencontrer une plus grande résistance parmi les paysans (IPCC, 2014).

Troisièmement, il faut prendre en compte les facteurs politiques et économiques qui influencent la décision des paysans d'ajuster leurs pratiques. En effet, le bon fonctionnement des institutions et des systèmes de gouvernance joue un rôle majeur dans l'adaptation.

De plus, l'accès des paysans aux marchés et aux infrastructures doit renforcer l'adoption des innovations. La capacité d'adaptation peut être limitée par des facteurs complexes comme la pauvreté et des connaissances et moyens techniques restreints. Certaines pratiques nécessitent un investissement significatif (matériel, main d'œuvre, achat de semences…) que les paysans ne peuvent pas se permettre. Les paysans ne sont pas forcément prêts à prendre le risque d'adopter de nouvelles pratiques dont les résultats sont incertains à court terme.

Enfin, la question de la transférabilité de l'innovation d'un schéma de production agricole à un autre doit être considérée, en tenant compte des facteurs biophysiques et des autres facteurs cités précédemment. Compte tenu de la variété de facteurs influençant la mise en place d'un processus d'adaptation, il faut reconnaitre qu'il n'existe pas une seule stratégie d'adaptation mais qu'il y en a autant que de contextes spécifiques au Burundi.

IV.2.2. Perception des producteurs sur l'importance des pratiques agroécologiques

L'utilisation des biofertilisants (L'enfouissement des résidus de récolte) est perçue par les producteurs comme une technique d'amélioration de la fertilité du sol. Concernant la conservation de l'humidité et la lutte contre l'érosion hydrique, les producteurs disent avoir constaté que les portions de la parcelle où la paille est enfouie restent humides plus longtemps, et la paille qui n'a pas pu être enfouie par le labour sert de barrière physique et réduit le ruissellement. La paille ainsi enfoui est décomposée et assure une meilleure croissance aux cultures.

Le rôle de la paille dans l'amélioration de la fertilité des sols, la lutte contre l'érosion et la conservation de l'humidité du sol, a été révélé par les études de Kolawole et al. (2014), Muchabi et al. (2014), Doumbia (2016) et Sanon (2017).

Ces auteurs ont montré que le paillage permettait d'améliorer les propriétés chimiques et l'humidité pondérale, du sol et l'infiltration de l'eau. Sanon (2017) a également montré que le paillage contribuait significativement à accroître le stock de carbone du sol.

Les producteurs qui pratiquent le système de planter les boutures de manioc dans les poquets confient que cette technique permet une bonne gestion de la fertilité du sol, parce que la matière organique qui est enfouie en profondeur se décompose mieux et est préservée de l'exportation hors des champs par les eaux de ruissellement. Ce qui rend les poquets plus humides et les cultures qui s'y développent sont épargnées des effets d'un stress hydrique en cas de poches de sécheresse, même prolongées.

Cette affirmation des producteurs est en phase avec les travaux de Roose et al. (1995) et Clavel et al. (2008), selon lesquels les poquets permettaient une meilleure valorisation de la matière organique. La réduction de l'enherbement est expliquée par le fait que dans les poquets déjà aménagés, il pousse peu d'adventices et celles qui y poussent sont faciles à désherber car la terre y est plus meuble.

La fumure organique utilisée pour fertiliser le sol est apportée par la majorité des producteurs.

C'est partant de ce constat que les producteurs ont affirmé que l'usage de la fumure organique était un moyen de lutte contre cet adventice parasite, confirmant ainsi les travaux de Husson et al. (2006).

La fumure organique est de nature diverse: compost, déchets ménagers, feuilles mortes des arbres, détritus des eaux de ruissellement, déjections animales, refus d'affourragement, paille de céréales. Les producteurs expliquent cette grande variabilité de la nature de la fumure organique par la dégradation avancée de leurs terres qui les obligent à user de tout ce qui peut servir comme matière organique. Pour ces derniers, cette perte de la fertilité du sol est l'action conjuguée de facteurs tels les longues années de culture continue sans jachère à cause du manque de terre, et l'érosion hydrique.

L'utilisation des biofertilisants est une réponse à la dégradation des terres. Pour les producteurs, cette dégradation se manifeste par un fort ruissellement, entrainant une exportation par les eaux de pluie, de la fumure organique, de la paille et des particules de sols.

Ils disent avoir appris cela par le biais de formation avec des ONGs et des structures de recherches.

En association, la légumineuse par ses feuilles et rameaux, permet une couverture du sol, ce qui contribue à augmenter l'humidité du sol et les feuilles qui tombent durant son développement fertilisent le sol. La céréale associée bénéficiant de plus d'humidité et de nutriments, connait alors une croissance rapide.

La rotation est unanimement reconnue comme une pratique d'amélioration de la fertilité du sol. Les types de rotation effectués par les producteurs sont les rotations céréales-céréales et céréales-légumineuses,…

L'importance de la rotation et de l'association culturale dans la gestion de la fertilité des sols, a été prouvée par les travaux de Chalk (1998) et LaRue et Patterson (1981), qui indiquaient que ces pratiques amélioraient la disponibilité en azote utilisable par les cultures, grâce aux mécanismes de fixation atmosphérique et de décomposition des résidus de cultures.

L'agroforesterie renferme une fonction première qui est la fertilisation des sols. Pour les producteurs, les feuilles des arbres qui tombent en se décomposant augmentent le stock de matière organique, ameublissent le sol. C'est ce qui permet d'avoir une humidité plus importante sous les houppiers des arbres.

Les espèces les plus citées par les producteurs pour leur vertu fertilisante sont : tetonia, Caliandra, Leucaena, Tifrosia, Artimesia, …

La perception des producteurs quant au rôle fertilisant des arbres est partagée par plusieurs auteurs. Saïdou et al. (2012) ont montré que les arbres contribuaient à améliorer les caractéristiques chimiques et l'humidité du sol.

Cela a comme conséquence une diminution de rendement des cultures associées évoluant sous les arbres. Les propos des producteurs sont en adéquation avec les travaux de Gbémavo et al. (2010) et Saïdou et al.(2012), qui ont montré que les rendements des cultures sous-houppiers des arbres connaissaient une baisse du fait de l'effet de l'ombrage.

Les biopesticides permettant de lutter contre des organismes nuisibles et dont le principe actif est constitué par des organismes vivants ou des produits de leur métabolisme. Ils ne sont pas nuisibles à la santé humaine.

IV.2.3. Impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole

De nombreux indicateurs sont utilisés par les producteurs pour apprécier l'amélioration de la fertilité des sols. Ainsi, lorsque le sol s'enrichit en matière organique, sa couleur devient noire. Ce sol conserve mieux l'humidité et assure une meilleure production agricole.

La hausse des rendements sur les sols fertiles est en adéquation avec les travaux de Kissou (2014).

Les producteurs disposant de plus de bétail arrivent à produire plus de fumure organique grâce au recyclage des résidus de la récolte par le bétail, ce qui montre que ça va générer des revenus pour l'auto développement.

Les pratiques agro écologiques rétablissent la résilience et la viabilité en créant des revenus stables qui participent au développement rural. Ces résultats sont en droite ligne de ceux de van der Ploeg et al.(2019).

IV.2.4. Impact des pratiques agroécologiques sur l'environnement

L'analyse des données sur les échantillons de sol indique globalement, que la combinaison des pratiques agro écologiques améliore les caractéristiques chimiques du sol par rapport à la fumure organique.

Cela pourrait s'expliquer par le fait que le développement des fermes agro écologiques (pour les combinaisons comportant ce dispositif) et les biofertilisants favorisent la sédimentation des particules de matière organique issues des eaux de ruissellement et de la fumure organique.

Nos résultats sur l'amélioration des caractéristiques chimiques par les combinaisons de pratiques AE, sont en adéquation avec les travaux de Zougmoré et al. (2004) et Yaméogo et al. (2013).

L'agroécologie tente d'offrir une piste pour "rendre l'agriculture plus durable, tant aux plans social et économique qu'environnemental ; a été révélé par l'etude de Gliessman(2006). S'inspirant de l'écologie, l'étude de van der Ploeg et al., (2019) a également montré que l'agroécologie permet de gérer les agroécosystèmes de façon productive et viable tout en préservant les ressources naturelles et culturelles . C'est dans le but d'inciter à s'appuyer sur les intrants internes et les régulations naturelles de l'agroécosystème pour éviter d'utiliser des intrants externes et gaspiller les ressources notamment celles non renouvelables (Meynard, 2017).

Conclusion du quatrième chapitre

Les résultats de notre travail prouvent l'importance des pratiques agro écologiques dans la production agricole et sur l'environnement. Le défi majeur est le manque des terres cultivables suffisantes. Les innovations des pratiques agro écologiques rencontrées dans le Mumirwa ont un impact positif sur la production agricole et permettent l'amélioration de la fertilité des sols.

Bien que les pratiques soient d'une importance considérable, les retardateurs à l'adoption ne manqueront jamais. Les contraintes d'adoption pouvant être les coutumes et cultures des producteurs sans toutefois ignorer la taille de l'exploitation qui se rétrécit de temps en temps suite au nombre de bouches à nourrir pour chaque ménage.

CONCLUSION GENERALE, RECOMMANDATIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES

Conclusion générale

Notre étude a été effectuée dans le but d'évaluer les impacts des innovations agro écologiques sur la production agricole et l'environnement dans les contreforts de Mumirwa. Le premier chapitre nous a permis de montrer comment notre recherche est structurée, la problématique ainsi que les questions de recherche, objectifs et hypothèses. Le second chapitre nous a montré les concepts de l'agro écologie ainsi que son rôle dans la production agricole, sur l'environnement et dans le contexte du changement climatique.la méthodologie de notre recherche a été montrée dans le troisième chapitre. La méthode des moindres carrées ordinaires nous a permis de trouver que les innovations agro écologiques ont un impact positif sur la production agricole. Les résultats sont présentés et interprétés dans le quatrième chapitre.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus, ont permis de répondre aux questions de notre recherche. La présente étude a révélé l'existence d'une diversité des pratiques agro écologiques. Les producteurs qui les pratiquent disposent plus de bétail et ont un bon revenu. Des combinaisons de pratiques agro écologiques caractérisent la partie de la zone étudiée, et cela traduit le souci de renforcer la résilience des systèmes de production face à la dégradation des terres.

Ces combinaisons de pratiques ont enregistré les meilleurs rendements malgré le changement climatique.

Notre étude a permis aussi d'apprécier les effets des pratiques agroécologiques sur la fertilité du sol. Il ressort que les combinaisons de pratiques améliorent plus les caractéristiques chimiques et le niveau de stock du carbone du sol. Cette amélioration est d'autant plus avantageuse sur le développement durable. Les enquêtes auprès des producteurs ont montré que les pratiques agroécologiques permettaient de réhabiliter les terres dégradées à travers la réduction du ruissellement et la régénération de nouvelles espèces ligneuses et herbacées. Les producteurs, qu'ils soient jeunes ou âgés, reconnaissent rencontrer des difficultés dans la mise en œuvre des pratiques agroécologiques.

Ces difficultés sont surtout le manque des terres cultivables suffisantes, le manque d'équipement, l'absence d'une source de financement des activités agricoles entrainant de fait l'autofinancement à travers la vente des produits agricoles.

Du côté des ONGs, la faible capacité de remboursement des crédits de la part des producteurs et le risque d'insécurité foncière, constituent des obstacles au développement des pratiques agroécologiques. Toutefois, les producteurs et les ONGs se rassurent à l'idée que l'agroécologie peut prospérer grâce à un certain nombre de facteurs. Ces facteurs sont l'engouement de plus en plus marqué des producteurs pour la mise en œuvre des pratiques agroécologiques et le regain d'intérêt pour l'agroécologie des institutions supranationales et nationales.

De ces résultats, nous pouvons dire que nos hypothèses selon lesquelles, l'adoption de pratiques agroécologiques dépend fortement de facteurs socio-économiques, le niveau de mise en œuvre des pratiques agro écologiques par les producteurs permet l'augmentation de la production agricole et les pratiques agroécologiques modifient les caractéristiques de fertilité du sol, et à terme, améliorent la résilience des agrosystèmes, sont vérifiées.

Recommandations

Sur la base de nos résultats, nous pouvons formuler les recommandations suivantes à l'endroit de l'Etat, des producteurs et des ONGs.

A l'endroit de l'Etat nous recommandons:

- Promouvoir l'appui et la formation des artisans locaux. Cela aura pour avantages de réduire considérablement la pénibilité du travail, et de bien gérer les terres cultivables;
- Promouvoir le système d'octroi des crédits agricoles ou de la subvention à l'agriculture aux producteurs. Ces prêts ou subventions leur permettront de s'équiper en matériel et intrants dont ils ont besoin pour une mise en œuvre plus réussie des pratiques agroécologiques ;
- Une amélioration la prise en compte des savoirs locaux dans la mise en place ou le développement des techniques agroécologiques.

A l'endroit des producteurs, nous recommandons :

- Une meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage, ce qui leur permettra d'augmenter la production de la fumure organique et d'améliorer leur résilience par la diversification de leurs produits ;

- Une combinaison des pratiques qui est la clé de réussite de la gestion de la fertilité du sol.

Pour les ONGs de développement, nous recommandons que des études scientifiques visant à évaluer l'impact des pratiques agroécologiques, puissent être partie intégrante de leurs projets. Cela permettra avec des arguments scientifiques, de convaincre les bailleurs à davantage s'investir pour le développement des pratiques agroécologiques.

Limites et Les perspectives

Notre étude a permis de rendre compte de la diversité des exploitations agricoles et des pratiques agroécologiques dans la zone d'étude, et des impacts de ces pratiques sur la fertilité des sols et la production agricole. Celle-ci comporte toutefois, des limites.

Ainsi, le fait qu'il y ait une diversité de mise en œuvre des pratiques agroécologiques, peut avoir des effets différents sur les rendements des cultures, les caractéristiques chimiques du sol et le stock de carbone: ce qui était difficile à prendre en compte par notre étude. La façon de mettre en œuvre une pratique agroécologique, tant au niveau de la maîtrise de la technologie que de la quantité d'intrants apportés, peut varier d'un producteur à un autre.

Les perspectives de recherche doivent prendre en compte les limites de notre étude, afin de mieux cerner les impacts agroenvironnementaux des pratiques agroécologiques. Dans cet ordre d'idées, il faudra évaluer les impacts des pratiques agroécologiques sur toute la production, la fertilité des sols, en tenant compte de la durée de mise en œuvre et des stratégies et contraintes des producteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR., (91981). « Détermination du pH ». (Association Française de Normalisation) NF ISO10390. AFNOR qualité des sols, Paris, 339-348.

Ajeigbe A., (2006). Gestion de Striga gesnerioides et Alectra vogelii en culture de niébé. Atelier sous-régional sur la gestion intégrée durable en agriculture des espèces du genre Striga, 26-27 Avril 2006, Cotonou, Bénin.

Allaverdian C., Ferrand P., Kibler J-F., Reynaud L., (2013) . « L'agroécologie, un concept pour une diversité d'approches ». Grain de sel.

Altieri M. A., Nicholls C. I., (2005). « Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture 1sted». University of California, Berkeley, 291 p.

Altieri M. A., ToledoV M., (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Agron*. 34 : 15-38.

Altieri, M. A., (1995). *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture* 2nd ed. Boulder, Colorado, Westview Press, 448 p.

Arrignon J., (1987). *Agro-écologie des zones arides et sub-humides*, in: G.-P. Maisonneuve & Larose et ACCT (Eds.), Paris, France, 283 p.

Aynekulu, E. V., T-G., Shepherd K., Winowiecki L., (2011). « A protocol for measurement and Monitoring Soil Carbon Stocks in Agricultural Landscapes». World Agroforestry Centre (ICRAF), 52 p.

Bambara D., Bilgo A., Traoré. H., Lompo. F, Thiombiano A., Hien V., (2012). « Evaluation des effets des aménagements du zaï et desdiguettes de longue durée sur la productivité céréalière au nord du Burkina Faso ». Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 71, 13p.

Bationo B. A., Kalinganire A., Bayala J., (2012). « Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest », Aperçu de quelques systèmes candidats. World Agroforestery Center, 50 p.

Bationo B.A., Sankara S. (2006). « Démarrage du PDRD au Burkina Faso: Des échanges pour favoriser la pratique de l'Agroforesterie». *Sahel Agroforesterie*, 7 : 5-7. 58

Bationo B.A., Taonda J.B., Ilboudo D., Guissou T., Ilboudo B., (2006). Approche « Fermes Ecologiques » et gestion durable des ressources naturelles dans le Centre-Ouest du Burkina Faso. *Journal Forestier Suisse* (157) 11, 513-518.

Berger M., Bélem P.C., Dakouo D., Hien V., (1987). Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Cot. Fib. Trop.42 (3): 201-211.

Blanchard M., Coulibaly D., Ba A., Sissoko F., Poccard-CHAPPUIS R., (2012). « Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agrosylvopastoraux : le cas du Mali-Sud. Partenariat, modélisation, expérimentation : quelles leçons pour la conception de l'innovation & l'intensification écologique ». I*n Actes du séminaire ASAP*, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cédérom, 14 p.

Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P. etVall E. (2014). « Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest : quelles conséquences sur les recommandations de fumure ? » *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* 18(4), 12p.

Bonkoungou E. G., (1987). Monographie du karité (Butyrospermum paradoxum, Gaertn F. Hepper), espèce agroforestière à usages multiples. Ouagadougou, Burkina Faso. IRBET/CNRST, 67 p.

Bonkoungou E. G., Alexandre D. Y, Ayuk E. T, Depommier D, Morant P, Ouabda J. M., (1994). « Les Parcs Agroforestiers des Zones Semi-arides d'Afrique de l'Ouest : Conclusions et Recommandations d'un Symposium International. Coordination du Réseau SALWA, Projet Organisation de l'Unité Africaine/Cellule Scientifique de Technologie et de Recherche Projet de Recherche et de Développement des Cultures Vivrières en Zones Semi Arides », 58p.

Borras S.M., (2010). The politics of transnational agrarian movements. *Development and Change*, 41(5): 771–803.

Boston, Houghton Miffin Company. 59 Chalck, P. M., (1998). "Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a crop rotation". *Crop Protection*, 20 (2) : 113-120.

Brandenburg A., (2008). Mouvement agroécologique au Brésil : trajectoire, contradictions et perspectives. *Natures Sciences Sociétés*, 2 (16): 142-147

Bray R I. I., Kurtz L. T., (1945). Determination of total organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science, 59: 39-45*.

Burundi Country Profile, l'irrigation en Afrique en chiffres- enquête AQWASTAT 2005.

Burundi LDN TSP country report, (2019). Cibles de neutralité dégradation des terres au Burundi.

Cadre Stratégique de Croissance et de Lutte Contre la Pauvreté, République du Burundi, (Septembre 2006)

Can. J. Bot. 79: 1225–1240. 60 FAO, (2013). *La faim recule dans le monde*, mais 842 millions de personnes souffrent encore de faim chronique.

CHABANE, I. (2014) élaboration d'un système d'information sur l'agriculture de conservation dans la wilaya de Séti.

Clavel D., Barro A., Bela T., Lahmar R., Maraux F., (2008). « Changement technique et dynamique d'innovation agricole en Afrique sahélienne ». Le cas du zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie. VertigO, (8) 3, 11 p.

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 9 mai 1992, (1994) 1771 R.T.N.U. 107 (no 30822), art. 2, en ligne : (consulté le 12 décembre 2018) [CCNUCC].) .COP 21 , Benoit Mayer

Coulibaly K., Gnissien M., Yaméogo T. J., Traoré Mamadou., Nacro B. H., (2017). « Perception des producteurs sur l'utilisation des déjections de chenilles dans la gestion de la fertilité des sols dans la région des Hauts-Bassins au Burkina Faso ». *Journal of Applied Biosciences*, 108: 10531 -10542,

Coulibaly K., Gomgnimbou A. P. K., Traoré M., Sanon J. F. K., Nacro H. B., (2018), « Effets de l'agriculture de conservation sur la dynamique de l'eau et le stock de carbone d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso ». Sciences et techniques, Sciences naturelles appliquées, numéro spécial, hors-série, 10 p.

DÉCISION 4/CP.23 dans CCNUCC, FCCC/CP/2017/11/Add.1. *Rapport de la Conférence des parties sur sa vingt-troisième session*, tenue à Bonn du 6 au 18 novembre 2017,

Diop K., (2017). « Evaluation des effets économiques et sociaux des pratiques agro-écologiques et de leurs conditions de développement ». Etude de cas dans la région de l'Est du Burkina Faso. Mémoire de master Agroparistech, 57p.

Doamba S., (2007). « Effet du zaï forestier sur l'évolution de la biodiversité et des paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol ». Mémoire d'Ingénieur du développement rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso, 138 p.

Doumbia S., (2016). « Effets de l'agriculture de conservation sur les flux hydriques, la fertilité du sol et les rendements des cultures en station à l'Ouest du Burkina Faso ». Mémoire d'ingénieur du développement rural option / Agronomie. IDR / UPB, 71 p.

DPSAA. (2011). Direction de la Prospective et des Statistiques Agricoles et Alimentaires: Articles de la Direction des PSAA à des conférences scientifiques, Burkina Faso, 211p.

Drabo I., Ilboudo F., Ouoba P., Langani Y., (2003), « Dynamique des populations, disponibilité en terres et adaptation des régimes fonciers » : Le Burkina Faso, une Etude de Cas. INSS-INSD. Dubé M-P., Olivier A., 2001. Le Striga gesnerioides et son hôte, le niébé : interaction et méthodes de lutte.

Elise Lang, (2019). Caractérisation des facteurs de durabilité des Exploitations de polyculture polyélevage en agriculture. « Mémoire incomplet »

FIDA., (2013), Smallholders, Food Security and The Environment, Fonds international de développement agricole, p.1Source : http://www.fao.org/news/story/fr/item/199641/icode/

Fontes J., Guinko S., (1995). Carte de la végétation et l'occupation des sols au Burkina Faso. 67 p. source : http://www.unep.org/pdf/SmallholderReport_WEB.pdf.

Fujisaki K., Chevallier T., Chapuis-Lardy L., Albrecht A., Razafimbelo T., Masse D., Ndour Y B., Chotte J-L, (2017), « Soil carbon stock changes in tropical croplands are mainly driven by carbon inputs: A synthesis». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 259 (2018) :147–158

Gbémavo D S J C., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A E., Katary A., Gnanglè P., (2010). Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes coton karité du Nord du Bénin. *Tropicultura*, 28 (4) 193-199.

GIHIMBARE et NDABIRORERE, (2011). Etude sur les coûts de l'inaction contre la dégradation des sols au Burundi.

Gliessman, S.R., (2007), Agroecology: the ecology of sustainable food systems. New York: Taylor and Francis. *Journal of Peasant Studies* 38(3):587-612.

GNISSIEN Moussa, (2018). Evaluation des effets et impacts agroenvironnementaux des pratiques agro écologiques et de leurs conditions de développement dans la région de l'Est du Burkina Faso. « Mémoire »

GRET (2021). Pratiques agroécologiques et agroforestières en zone tropicale humide.

Harare ??? (2004), Analyse du secteur agricole au Burundi.

Hien E., (2004). « Dynamique du carbone dans un acrisol ferrique du Centre-Ouest du Burkina Faso : influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique ». Thèse de doctorat, Ecole Nationale supérieure Agronomique de Montpellier, France, 137p.

Hillebrand W. F., Lundel G. E.F., Bright H. A., Hoffman J. I., (1953). *Applied inorganic analysis*, 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA. 1034p.

INERA., (2006). Etats des lieux des lieux des connaissances de la région de l'Est. Volet Recherche Action en milieu réel du PICOFA.

Kaboré S. A., Bastide B., Traoré S., Boussim J I., (2012). « Dynamique du karité Vitellaria paradoxa dans les systèmes agraires du Burkina Faso ». *Bois et forêt des tropiques*, 313 (3), 47- 60.

Kissou R., (2014). Classification et perception endogènes de la fertilité des sols en milieu mossé, peulh et jula au Burkina Faso. Thèse de Doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 175 p.

Kolawole O. K., Awodun M. A., Ojeniyi, S. O., (2014), Soil fertility improvement by Tithonia diversifolia (Hemsl.) A Gray and its effect on cassava performance and yield. *International Journal of Engineering and Science*, 3 (8): 36-47.

LaRue T.A. and T.G. Patterson., (1981). How much nitrogen do legume fix ? *Advan. In Agron*. 34 : 15-38.

Levard L., Mathieu B., (2018), « Facteurs favorables et limitants au développement de pratiques agroécologiques, évaluation des effets socio-économiques et agro-environnementaux. Agroécologie » : Capitalisation d'expériences en afrique de l'Ouest, 82 p.

M'Biandoun M., Guibert H., Olina J. P., (2006). Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes. *Tropicultura*, 24(4): 247-252.

MARH., (2008). Evolution du secteur agricole et des conditions des ménages au Burkina Faso. Projet AI/CN-SISA. 92p.

McIntyre B.D., Herren H.R., Judi W., Robert T. W., 2009. The International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development The Synthesis Report. Island, Washington, DC, 606 p.

Muchabi J., Lungu O. I., Mweetwa A. M., (2014). « Conservation Agriculture in Zambia: Effects on Selected Soil Properties and Biological Nitrogen Fixation in Soya Beans (Glycine max (L.) Merr) ». *Sustainable Agriculture Research*, 3 (3): 28-36.

Ndayiragije P ., (2020). Manuel de formation des pratiques naturelles et biopesticides,

Novozansky I. V, J. G. Houba, Vaneck R. and W. Van Vark., (1983). "A novel digestion technic for multi-elernent analysis" *Commun Soil Sei. Plant Anal.* 239-249.

Oswald, A, and Ransom J. K., (2001). Striga control and improved farm productivity using crop rotation. *Crop Protection* 20 (2): 113-120.

Ouédraogo M., Dembélé Y., Somé L., (2010). Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, 21 (2): 87- 96.

OXFAM., (2014). Soutenir l'agro-écologie pour la planète et l'humanité. Rapport thématique, 20 p.

PICOFA., (2006). « Stratégies de gestion de la fertilité des sols et des ressources naturelles dans la region de L'Est du Burkina Faso », Rapport provisoire, 132 p, Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH), Burkina Faso.

Pouya M. B., Bonzi M., Gnankambary Z., Traoré K., Ouédraogo J. S., Somé A. N., Sédogo M. P., (2013), « Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la production du cotonnier et sur le sol dans les exploitations cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso ». *Cah Agric*, 22 (4) : 282-292.

Rakotondramanana, Seguy L., (2008). « Le contrôle du Striga par les systèmes SCV (Semis direct sur Couverture Végétale permanente) ». Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume I. Chapitre 3. § 3.1., 21 p.

Roose E., Kaboré V., Guenat C., (1995). Le "zai", une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne. In Congrès International sur la restauration et la réhabilitation des terres dégradées des zones arides et semi-arides. Tunisie, du 14 au 19 novembre 1994, ORSTOM, 1995, 25 p.

Rosset M. P., Sosa M. B., Jaime R. M. A., Lozano A. R. D., (2011). « The Campesino-to Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty ». *The Journal of Peasant Studies*, 38 (1): 161-191.

Roxanne Passos, (2019). Agroécologie : pour une réconciliation de l'agriculture et du droit de l'environnemen. « Mémoire incomplet»

Saidou A., Balogoun I., Kone B., Gnangle C. P. et Aho N., (2012). « Effet d'un système agroforestier à karité (Vittelaria paradoxa c.f. gaertn) sur le sol et le potentiel de production du maïs (Zea maize) en zone Soudanienne du Bénin ». *Int. Biol and Chem. Sci.*, 6 (5): 2066- 2082.

Samaké O., Kodio A., (2004). « Gestion intégrée de la fertilité des sols pour améliorer la productivité dans le Sahel : Effets des jachères, des légumineuses et du phosphate naturel sur le rendement du mil et le Striga hermonthica ». Institut d'Economie Rurale (IER), Mali, 12 p.

Sanon K. J. F., (2017). « Effets de l'agriculture de conservation sur les flux hydriques, la fertilité du sol et les rendements des cultures dans l'Ouest du Burkina Faso ». Mémoire d'ingénieur du développement rural/ option agronomie, IDR/ UNB, 54 p.

Sawadogo H., Bock L., Lacroix D., Zombré N. P., (2008). « Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso) ». *Biotechnol. Agron. Soc*. Environ. 12(3), 279-290.

Sédogo M. P., (2008). « Etude sur la capitalisation des technologies en matière d'amélioration de la fertilité des sols dans les zones cotonnières du Burkina Faso ». Rapport final, 51 p.

Side C.S, Havard M., (2014), «Mécanisation en Afrique de l'Ouest et du Centre. Bilan des tentatives passées, état actuel et contraintes ». In Séminaire 2014, 6ième session, 29 Septembre au 03 Octobre, Paris. Le Coton Africain : Evolution des Principaux Facteurs de Production en zone Cotonnière. Géocoton, 24p.

Somé A., Alexandre D-Y., Hien V., (1996). « Bio-indicateurs paysans de la fertilité des sols et gestion du cycle culture-jachère (zone soudanienne, Burkina Faso) ». *Amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest*, Atelier Jachère et systèmes agraires, Niamey 30 septembre02 octobre 1998, 8 p.

SOS Faim., (2017). Agroécologie, un modèle qui tient la route ? Des principes à la pratique avec Apil au Burkina Faso. Dynamiques paysannes, 43, 12 p.

Stassart P. M., Baret Ph., Grégoire J-Cl., Hance Th., Mormont M., Reheul D., Stilmant D., Vanloqueren G., Visser M., (2012). L'agroécologie : trajectoire et potentiel pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In « Agroécologie entre pratiques et sciences sociales », Copyright Educagri édition : Educagri éditions, 26 Boulevard du Docteur Petitjean, 21079 Dijon Cedex.Supérieure Agronomique 21p.

UICN (2009). Catalogue de bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso, 62 p.

Valentine D., (2015). Des innovations agroécologiques dans un contexte climatique changeant en Afrique. « Mémoire incomplet »

Vall E., Koutou M., Blanchard M., Coulibaly K., Diallo M A., Andrieu N., (2012). Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agrosylvopastoraux de l'Ouest du Burkina Faso, province du Tuy. In Actes du séminaire ASAP, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cédérom, 15 p.

Walinga J., Van Vark W., Houba V JG. et Van Der Lee J. J., (1989). «Plant analysis procedures ». Dpt. Soil Sc. Plant Nutr. Wageningen Agricultural University. Syllabus, Part 7: 197-200.

Walkley A., Black I. A., (1934). An examination method of the detjareff and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science,* 37. 29-38.

Wezel, A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D., David C., (2009). « Agroecology as a science, a movement and a practice. A review ». *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4): 503–515.

Yaméogo J. T., Somé A. N., Mette Lykke A., Hien M., Nacro H. B., (2013). Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso. *Tropicultura,* 31 (4) : 224-230.

Yélémou B., Bationo B.A., Yaméogo G., (2007). « Gestion traditionnelle et usages de Piliostigma reticulatum sur le plateau central du Burkina Faso ». *Bois et Forêts des Tropiques*, 291 : 55-66.

Zougmoré R., Nagumo F., Hosikawa A., (2006), «Nutrient uptakes and maize productivity as affected by tillage system and cover crops under the subtropical climate at Ishigaki, Okinawa, Japan ». *Soil Science & Plant Nutrition* 52 : 509-18.

Zougmoré R., Ouattara K, Mando A, Ouattara B, (2004), « Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso ». *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 15 (1), 4-8.

ANNEXES

Guides d'entretien producteurs et ONGs

Guide d'entretien sur les pratiques agro-écologiques dans les contreforts de Mumirwa

Adresser aux autorités locales

1. le nombre des collines

2. l'effectif total de la population

3. l'effectif de la population selon le genre

4. les ONGs et les associations existantes dans la région

Adresser aux Producteurs (en focus group)

I. Production agricole

1. Production végétale et importance

2. Production animale et importance

II. Pratiques agro-écologiques :

1. C'est quoi l'agroécologie ?

2. Traduire en langue locale

3. Citer et classer par ordre d'importance les pratiques A-E adoptées dans la localité

4. Quels sont les objectifs recherchés par chaque pratique ?

5. Années d'introduction des pratiques A-E (les plus importantes), structure/ONG responsable, les contraintes/atouts, etc…

6. Adoption des pratiques A-E (outil à utiliser : profil historique)

7. Sources d'information en matière d'innovation

8. Sources de financement

9. ONGs et/ projets ayant intervenu (outil à utiliser : diagramme de Venn)

10. Commercialisation de la production agricole

11. Contraintes et solutions possibles à l'adoption des pratiques A-E

Merci pour votre pleine participation !

Adresser aux ONGs et Associations

1. Domaine d'intervention

2. Connaissance sur les pratiques A-E

3. Démarche d'intervention (paysan individuel, groupement, autres publics cibles, collaboration avec services techniques, etc)

3.1. Expérimentation sur parcelle individuelle, collective

3.2. Champ école ;

3.3. Formations (à préciser)

4. Taux d'adoption/ diffusion, surface couverte, nombre de producteurs bénéficiaires,

villages, etc.

5. Connaissances sur les pratiques endogènes

6. Contraintes et potentialités

7. Perspectives

Merci pour votre disponibilité !

Fiche d'études de recherche

Thème : « Impact des innovations agro écologiques dans les contreforts de Mumirwa »

Date de recherche : Nom du chercheur : Hypax

Région : Colline :

I. Caractéristiques générales de la colline

Identité du répondant

Nom: Prénom :

Sexe : 1= Masculin ; 2= Féminin

Age (en années révolues)

Depuis quand êtes-vous devenu chef de colline :

Combien de personnes compte votre colline par sexe ?

1) Nombre d'hommes …… 2) Nombre de femmes ……

Fiche d'enquête sur les ménages

I. Identité de l'interviewé(e)

Q1. Sexe: Femme □ Homme □

Q2. Êtes-vous:

Chef d'exploitation □ Co-exploitant(e) □

Conjoint(e) de chef d'exploitation □

Autre □ Précisez ……

Q3. Âge: ……...

Q4. État matrimonial:

Célibataire □

Marié/e □

Veuf/ve □

Divorcé/e □

Autre □

Q5. Niveau d'instruction:

1. Analphabète □

2. Enseignement pour adultes □

3. Primaire □

4. Secondaire □

5. Supérieur □

Indiquez si l'enseignement a été complété: Oui □ Non □

Q6. Avez- vous une formation agricole? Oui □ Non □

Si oui, laquelle? …….....

Q7. Avez- vous une formation non agricole? Oui □ Non □

Si oui, laquelle ? ……..

II. Identification du ménage

Q8. Combien de personnes vivent sur l'exploitation par sexe et pour les groupes d'âges suivant (total des personnes composant le ménage)?

Groupes d'âges	0-6 ans	7-14 ans	15-20 ans	21-50 ans	Plus de 50 ans
Féminin					
Masculin					

Q9. Combien de personnes de la famille vivent des revenus de l'exploitation? ……

Q10. Combien de personnes membres de la famille ont une activité professionnelle hors exploitation?

Groupes d'âges 7-14 ans 15-20 ans 21-50 ans Plus de 50 ans

Féminin

Masculin

Q11. Combien de personnes membres de la famille sont en cours de scolarisation?

1. Primaire Nombre de garçons …… Nombre de filles ……

2. Secondaire Nombre de garçons …… Nombre de filles ……

3. Supérieur Nombre de garçons …… Nombre de filles ……

III. Production agricole

Q12. Pouvez-vous renseigner le tableau ci-dessous relatif au foncier de votre exploitation ?

Champs	Surface (ha) Nbre de plants,	1= Propriété ; 2= Location	Type champ : 1= Champ Case ; 2= Champ Brousse	Type de sols (sableux, argileux, gravillonnaire)	Localisation 1= bas-fond ; 2= plaine ; 3= colline
1					
2					
3					
4					

Effectif des animaux de l'exploitation

Espèces	Bovins	Ovins	Caprins	volailles	Autres (préciser)
Nombre					

IV. Pratiques agro écologiques

Q13. Pratiquez-vous les techniques culturales suivantes ?

Pratiques agro écologiques		Type d'exploitation	Année de début	Superficie de départ	Superficie en 2019	Superficie en 2020	Superficie en 2021	Superficie en 2022	Pourquoi cette pratique ?
1. Développement des fermes agro écologiques	Agroforesterie (types et nombre d'arbres à préciser)								
	antiérosifs (préciser le type)								
	Association culture (types de céréales et légumineuses à préciser)								
	Rotation de cultures (types de cultures à préciser)								
	Culture noyau								
	Cultures spectatrices								
2. biofertilisants									
3. bio pesticides									
4. micro irrigation									

Légende : 1) Gestion de la fertilité des sols ; 2) Lutte contre l'érosion hydrique ; 3) Lutte contre l'érosion éolienne ; 4) Conservation de l'humidité ; 5) Lutte contre les mauvaises herbes ; 6) Croissance rapide des plants ; 7) Meilleur rendement ; 8) Pallier aux aléas climatiques ; 9) Manque de moyen financier pour s'acquérir du matériel ; 10) Gain de temps ; 11) Mimétisme (voisins, amis, proches parents, etc.) ; 12) manque d'équipement ; 13) Autres à préciser

Estimation des productions en Agro écologie

Cultures	Production 2019		Production 2020		Production 2021		Production 2022	
	Champ Br	Champ Ca	Champ Br	Champ Ca	Champ Br	Champ Ca	Champ Br	Champ Ca
Riz								
haricot								
Maïs								

Q14. Que faites-vous des résidus de récolte ?

Consommation animale □

Vente □

Pratiques AE □

Autres (préciser) □

Difficultés d'adoption de l'Agro écologie et solutions

Pratiques agro écologiques	Types de difficultés	Mesures adoptées/ envisagées
Couverture végétale		
Agroforesterie (nombre d'arbres)		
Dispositifs antiérosifs (préciser)		
Fumier / Compost		
Association culturale		
Rotation culturale		
Herbicides/ insecticides		

1. manque des matières 2. Le prix (pouvoir d'achat) 3. Manque d'espace 4. Manque de formation 5 autres (à préciser)

Perception de l'évolution du niveau de fertilité des sols durant les quatre dernières années (spécifiques aux agronomes)

Champ n°	Type d'exploitation	Baisse	Indicateurs	Facteurs responsables	Hausse	Indicateurs	Facteurs responsables
1							
2							
3							
4							

Q15. Quels sont les facteurs pouvant favoriser le développement des pratiques A-E ?.....

.....

Q16. Quels sont les matériels agricoles que vous utilisez ? Indiquez le nombre

Q17. Où est située la source d'approvisionnement en eau ?

Dans le logement □

Dans la cour/sur la parcelle □

Ailleurs □

Q18. Quelle est l'origine de l'eau que vous utilisez pour l'agriculture?

1. Nappe souterraine Oui □ Non □ NSP □

2. Réseau hydraulique (canal/fossé...) Oui □ Non □ NSP □

3. Rivière/oued Oui □ Non □ NSP □

4. Barrage Oui □ Non □ NSP □

5. Retenue d'eau Oui □ Non □ NSP □

6. Autres, précisez: …… Oui □ Non □ NSP □

Q19. D'après-vous quel est le problème lié à l'eau d'irrigation que vous jugez le plus important? (Hiérarchisez si plusieurs réponses) Ordre d'importance

1. L'accès à l'eau □ n° …
2. La disponibilité en quantité □ n° …
3. La qualité de l'eau □ n° …
4. Le coût de l'irrigation □ n° …
5. Aucun □ n° …
6. Autres, précisez…….□ n° …

Q20. De quoi auriez-vous besoin pour développer une activité dans l'agriculture irriguée (pour avoir accès à l'eau)?

1. Appui financier Oui □ Non □
2. Appui, encadrement technique Oui □ Non □
3. Aide en nature (semences, engrais) Oui □ Non □
4. Équipement d'irrigation Oui □ Non □
5. Autres, précisez:…….Oui □ Non □

Merci

CHRONOGRAMME DES ACTIVITES

Nº	**Durée**	**Activités**	**Indication**
1	Semaine du 23 au 30 Janvier	✓ Prise de contact entre différents acteurs du projet et ✓ choix des thématiques	
2	Semaine du 31 au 06 Février	✓ Validation des thématiques de recherche ✓ Elaboration du protocole ou projet de recherche	
3	Semaine du 07 au 13 février	✓ Exposé des projets de recherche ✓ Correction des observations recommandées	
4	Du 13 au 19 février	Elaboration des outils de collecte des données : • Guide d'entretien • Questionnaire d'enquête	
5	Du 20 au 26 février	Mise au point sur les logiciels de collecte des données : **kobbo collect**	
6	Du 27 Février au 27 Avril	Collecte des données sur terrain	
7	Du 28 Avril au 31 Mai	Saisie et traitement des données, analyses et discussion des résultats	