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

Analyse des impacts du changement climatique sur la production agricole à Gihanga : Cas des principaux systèmes de cultures

Mugisha, Eliezel

2020-10

UB, Faculté des sciences économiques et administratives

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/291

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

Analyse des impacts du changement climatique sur la production agricole a gihanga : Cas des principaux systèmes de cultures



FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

DEPARTEMENT D'ECONOMIE RURALE ET GESTION DES ENTREPRISES AGRO-ALIMENTAIRE

ANALYSE DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTION AGRICOLE A GIHANGA : Cas des principaux systèmes de cultures

Par:

MUGISHA Eliezel

MEMOIRE

présenté en vue de l'obtention

d'un diplôme de Master en Economie Rurale, Sociale et Environnement

Spécialité : Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles

---

Composition du Jury :

President : Pr. Willy Marcel NDAYITWAYEKO

Directeur : Dr .Ir. Patrice NDIMANYA

Lecteur principal : Pr. Diomède MANIRAKIZA

Bujumbura, Octobre 2020

DEDICACE

A mon père ;

A ma mère, école de mon enfance ;

A mes frères et sœurs ;

A mon épouse pour sa constante disponibilité ;

A mes deux filles ;

A tous ceux qui n'ont cessé de me témoigner leur attachement ;

Dans l'espoir de mieux faire demain, je dédie ce travail.

REMERCIEMENTS

Ce travail est certes le fruit de nos efforts mais nous restons convaincus qu'il n'aurait pas abouti sans le recours de certaines personnes, à qui nous tenons à adresser nos sincères remerciements.

Nos remerciements vont à tous ceux qui, grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail.

Notre expression de profonde gratitude s'adresse à nos parents qui nous ont montré le chemin de l'école et à nos familles pour leur soutien inestimable qu'ils nous ont témoigné. Qu'ils trouvent dans chaque ligne de ce mémoire, le fruit de leur soutien.

Nous tenons également à exprimer nos profondes reconnaissances et remerciements à notre Directeur Dr. Ir. Patrice NDIMANYA pour ses orientations, ses précieux conseils et sa coopération à réaliser ce travail.

Je dois également une grande reconnaissance à Monsieur Antoine KINYOMVYI Directeur de l'Organisation de Défense de l'Environnement et le Développement Durable au Burundi (ODEB) pour sa collaboration et son expertise précieuse à la réalisation de ce travail.

Nous ne pouvons passer sous silence, les précieux conseils et appuis multiformes du Pr. Diomède MANIRAKIZA responsable du master en Economie Rurale, Sociale et environnement qui a guidé nos premiers pas dans la recherche.

Nos sentiments de gratitude vont également à l'endroit de nos éducateurs de l'école primaire et secondaire ainsi qu'au corps des enseignants du département de l'économie rurale et des entreprises agroalimentaires de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG) ; qu'ils sachent qu'ils n'ont pas semé dans le désert.

Je ne saurai terminer sans dire merci à toutes les personnes qui m'ont soutenu et aidé à obtenir toutes les informations utiles à l'élaboration de ce travail.

LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

CCNUCC : Convention Cadre des Nations unies sur le Changement Climatique
CDB : Convention sur la Diversité Biologique
ENAB : Enquête Nationale Agricole au Burundi
FAO : Food Agriculture and Organisation
FPA : Forum pour le Partenariat avec l'Afrique
FSEG : Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
GES : Gaz à Effet de Serre
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat
IGEBU : Institut Géographique du Burundi
IPCC : International Panel on Climate Change
ISTEEBU : Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques au Burundi
MCE : Modèle à Correction d'Erreur
MEAE : Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage
ODEB : Organisation de Défense de l'Environnement et le Développement Durable au Burundi
OMM : Organisation Météorologique Mondiale
PANA : Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques
PCC : Période de Croissance des Cultures
PCDC : Plan Communal de Développement Communautaire
PIB : Produit Intérieur Brut
PNIA : Plan National d'Investissement Agricole
PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement
RTNB : Radio-Télévision Nationale du Burundi
SAN : Stratégie Agricole Nationale
UNOCHA : United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs

LISTE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Graphiques

Graphique 1: Illustration de la précipitation en commune Gihanga 17

Graphique 2: Evolution des hauteurs pluviométriques annuelles dans la commune de Gihanga les trente dernières années..... 52

Graphique 3 : Evolution des nombres de jours annuels de pluies dans la commune de Gihanga les trente dernières années..... 52

Graphique 4 : Tendances thermométriques au cours des trente (30) dernières années dans la commune Gihanga (1990-2019)..... 54

Tableaux

Tableau 1: Evolution des productions (en tonne) pour les 5 principales culture de la commune Gihanga..... 5

Tableau 2: Données climatiques de Gihanga 18

Tableau 3: Illustrations des écarts à la moyenne des températures..... 53

Tableau 4: Synthèse sur les perceptions paysannes du changement climatique 56

Tableau 5: Résultat du test de stationnarité (Philipps Perron) 62

Tableau 6: Analyse de la stationnarité des séries des résidus 63

Tableau 7: La probabilité et le nombre de relations entre les variables..... 74

Tableau 8 : Relation de court et de long terme entre les variables du modèle 2..... 75

Tableau 9 : Régression du modèle à correction d'erreur (Modèle4)..... 76

Tableau 10 : Régression du modèle à correction d'erreur (Modèle5)..... 77

Tableau 11: Comparaison qualitative de l'évolution du riz et du manioc 79

Tableau 12 : Productivité du système de culture a base du riz 81

Tableau 13 : La performance du système à manioc (en 2020..... 83

Tableau 14 : Comparaison de la performance du système à manioc et celui à riz..... 84

Tableau 15 : Non compensation de la diminution du rendement du manioc par le riz..... 85

RESUME

Le changement climatique, avec ses diverses conséquences, constitue aujourd'hui un défi mondial. Le monde rural, en particulier la commune Gihanga, en dehors des innombrables problèmes qu'il connaît dans l'exercice de ses activités, est confronté ces trente dernières années aux effets du changement climatique. Face à ce phénomène climatique, quels sont les indicateurs et les impacts de ce phénomène sur la production agricole ? quelles sont les activités que la population locale entreprend pour l'amélioration de leur bien-être dans ce contexte climatique particulier ? C'est à cet ensemble de problèmes que répond cette recherche qui s'est effectuée dans la commune Gihanga et qui contribue à la compréhension des indicateurs du changement climatique, de ses impacts sur la production des principaux systèmes de cultures et des stratégies d'adaptations développées par la population en réponse aux effets de ces changements.

Trois hypothèses ont servi de fils conducteurs :

- Les hausses des températures et les baisses des hauteurs de pluie enregistrées au cours des trois dernières décennies sont les indicateurs de la dynamique du climat à Gihanga ;
- Les baisses répétées des productions des principaux systèmes de cultures sont des impacts du changement climatique sur l'agriculture dans la région d'étude ;
- Des mesures d'adaptation au changement climatique ne sont pas adoptées par la population de la commune Gihanga.

Les données utilisées sont constituées des séries temporelles obtenues auprès de l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU) et Institut des Statistiques et d'Etudes Economiques au Burundi (ISTEEBU) complétées par les données primaires collectées auprès de la population de Gihanga. La méthodologie utilisée dans cette étude est une combinaison d'approches quantitatives et qualitatives. Les outils de traitement des données utilisés sont entre autres, la statistique descriptive et la saisie de la base des données avec Excel et Eviews 10 pour les tests statistiques.

Pendant les trente dernières années, la fréquence de la pluie a changé, la température a augmenté et les événements extrêmes se sont manifestés dans la commune Gihanga. Les résultats montrent que l'augmentation d'une unité de nombre de jours de pluie entraine une augmentation de la production du riz de 0,78 kg et 54% de la production du manioc est expliqué conjointement par la pluviométrie, la température minimale et maximale, la superficie ainsi que le taux d'humidité. Les 68% de la production des patates douces sont expliqués par la pluviométrie, les températures, le nombres de jours de pluie, la superficie et le taux d'humidité. L'augmentation d'une unité de température moyenne entraine une augmentation de 23,133T de patates douce. Pour limiter les effets du changement climatique et améliorer leur bien-être, la population locale de la commune Gihanga développe des stratégies d'adaptation.

Mots clés : Changement climatique, impacts, indicateurs et stratégies d'adaptation.

ABSTRACT

Climate change, with its various consequences, is a global challenge today. The rural world, in particular Gihanga commune, apart from the innumerable problems it experiences in carrying out its activities, has been confronted over the past thirty years with the effects of climate change. Faced with this climatic phenomenon, what are the indicators and the impacts of this phenomenon on agricultural production? What activities do the local population undertake to improve their well-being in this particular climatic context? This research, which was carried out in Gihanga commune and which contributes to the understanding of climate change indicators, its impacts on the production of the main cropping systems and adaptation strategies, responds to this set of problems. developed by the population in response to the effects of these changes.

Three hypotheses served as common threads:

- The increases in temperature and decreases in rainfall recorded over the past three decades are indicators of climate dynamics in Gihanga;

- The repeated declines in the productions of the main cropping systems are impacts of climate change on agriculture in the study region;

- Measures to adapt to climate change are not adopted by the population of Gihanga commune.

The data used consist of time series obtained from the Geographical Institute of Burundi (IGEBU) and Institute of Statistics and Economic Studies in Burundi (ISTEEBU) supplemented by primary data collected from the population of Gihanga. The methodology used in this study is a combination of quantitative and qualitative approaches. The data processing tools used are, among others, descriptive statistics and data entry with Excel and Eviews 10 for statistical tests.

During the last thirty years, the frequency of the rain has changed, the temperature has increased and extreme events have occurred in Gihanga commune. The results show that the increase of one-unit number of rainy days leads to an increase in rice production of 0.78T and 54% of cassava production is jointly explained by rainfall, minimum and maximum temperature, the area as well as the humidity rate. The 68% of sweet potato production is explained by rainfall, temperatures, number of rainy days, area and humidity. Increasing the average temperature by one unit results in an increase of 23.133 kg of sweet potatoes. To limit the effects of climate change and improve their well-being, the local population of Gihanga commune is developing adaptation strategies.

Keywords: Climate change, impacts, indicators and strategies d'adaptation.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE ..... **i**

REMERCIEMENTS ..... **ii**

LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES ..... **iii**

LISTE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX ..... **iv**

RESUME ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

TABLE DES MATIERES ..... **vii**

CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE **1**

I.1. Contexte général 1

I.2. Problématique 3

I.3. Questions de recherche 6

I.4. Objectifs de la recherche 6

I.4.1. Objectif global 6

I.4.2. Objectifs spécifiques 6

I. 5. Les hypothèses de recherche 7

I.6. Importance de l'étude 7

I.7. Justification du choix de la région d'étude 8

I.8. Organisation de l'étude 8

CHAPITRE II. REVUE DE LA LITTERATURE **9**

II.1. Revue littéraire théorique 9

II.1.1. Théorie de la modélisation des rendements agricoles 9

II.1.2. Corrélation des effets agriculture, changement climatiques et activités humaine . 11

II.1.3. Les conséquences environnementales de changement climatiques 13

II.1.4. Indicateurs de la vulnérabilité des rendements agricoles 14

II.1.5. La caractérisation climatique au Burundi 15

II.1.6. Situation de la pluviométrie et des températures à l'Imbo centre 16

II.1.7. Le climat de Gihanga 16

II.1.8. Impact du changement climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire 18

II.1.8.1. Impact de l'effet de serre sur l'agriculture 18
II.1.8.2. Contribution de l'agriculture à l'effet de serre 19
II.1.8.3. Adaptation de l'agriculture au changements climatique 19
II.1.8.4. Impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire au Burundi 20
II.2. Revue littéraire empirique 21
II. 3. Cadre conceptuel 26
II.3.1. Eclaircissement des concepts 27
II.3.1.1. Changement et réchauffement climatique 27
II.3.1.2. Variabilité climatique 27
II.3.1.3. Système et tendances climatiques 28
II.3.1.4. Vulnérabilité climatique 28
II.3.1.5. Adaptation et atténuation 32
II. 3.1.6. Types d'agriculture 32
II.3.1.7. Système de culture, agraire et de production agricole 33
II.3.2. Les transformations historiques du système agraire au Burundi 34
II.3.3. Les systèmes de production et les principales rotations entre l'Imbo et les Mirwa 35
II.3.4. Les systèmes de cultures dans la commune de Gihanga 37
CHAPITRE III. METHODOLOGIE DE RECHERCHE 38
III.1. Description de la zone d'étude 38
III.1.1. Présentation de la commune Gihanga 38
III.1.1.1. Localisation et découpage administratif de la commune Gihanga 38
III.1.1.2. Caractéristiques physiques et climatiques de la commune Gihanga 38
III.1.1.3. La situation démographique de la commune Gihanga 40
III.2. Population cible 40
III.3. Procédure d'échantillonnage et taille de l'échantillon 41
III.4. Sources des données utilisées 41
III.5. Vérification des hypothèses 42
III.5.1. Vérification de la première hypothèse 42
III.5.1.1. Paramètres de tendance centrale et de dispersion 42

III.5.1.2. Identification des indicateurs de changements climatiques 43
III.5.2. Vérification de la deuxième hypothèse 43
III.5.3. Vérification de la troisième hypothèse 47
III.6. Présentation des variables et spécification des modèles 47
III.6.1. Les variables de l'étude 47
III.6.2. Spécification des modèles 49
CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS 51
IV.1. Analyse des tendances climatiques et Perceptions paysannes de l'évolution du climat à Gihanga 51
IV.1.1. Analyse des tendances pluviométriques dans la commune de Gihanga 51
IV.1.2. Analyse de tendance thermométrique dans la commune de Gihanga 53
IV.2. Percepation paysanne de l'évolution climatique dans la commune de Gihanga 54
IV.2.1. Perception socio-anthropologique du climat à Gihanga 55
IV.2.2. Perception socio-anthropologiques des causes des changements climatiques à Gihanga 58
IV.2.3. Perception socio-anthropique des conséquences du changement climatique à Gihanga 60
IV.2.3.1. Conséquences du changement climatique sur le milieu naturel 60
IV.3. Analyse des effets du changement climatique sur la production des principaux systèmes de cultures 61
IV.3.1. Analyse de la stationnarité des séries 62
IV.3.2. Analyse des séries des résidus 63
IV.3.3. Tests de validation des modèles 63
IV.3.3.1. Pour la production du maïs 63
IV.3.3.2. Pour la production du manioc 66
IV.3.3.3. Pour la production du haricot 68
IV.3.3.4. Pour la production du riz 70
IV.3.3.5. Pour la production des patates douces 72
IV.3.4. Résultat du test de cointégration de Johansen 73

IV.3.5. Résultats de l'estimation des Modèles à Correction d'Erreur (MCE) 74
IV.3.5.1. Régression du modèle à correction d'erreur (Modèle2) 74
IV.3.5.2. Les résultats de l'estimation du MCE (Modèle4) 76
IV.3.5.3. Les résultats de l'estimation du MCE (Modèle 5) 77
IV.3.6. Changements observés ces trente dernières années pour le manioc et le riz 78
IV.4. Adaptation des pratiques culturales au changement climatique dans la commune Gihanga 86
IV.4.1. Stratégies d'adaptation au changement climatique développées par les paysans 86
IV.4.1.1. Intensification de l'utilisation des intrants 87
IV.4.1.2. La pratique des cultures à cycle court 87
IV.4.1.3. Augmentation des emblavures et semis échelonnés 87
IV.4.1.4. Association des cultures 88
IV.4.1.5. Adoption de nouvelles variétés de cultures 88
IV.4.1.6. Mise en valeur des cours d'eau de la commune Gihanga 89
IV.4.1.7. Diversification des activités génératrices de revenu 89
IV.4.2. Stratégies d'adaptation planifiées aux risques climatiques 90
CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS 91
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 94
ANNEXES 97

CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE

Ce chapitre est consacré à la présentation du contexte général du changement climatique et ses effets divers, la problématique, les questions de recherche, les hypothèses et les objectifs de recherche. L'importance de l'étude et la motivation du choix du sujet sont présentés dans ce chapitre.

I.1. Contexte général

L'économiste ne peut pas se permettre d'être absent du processus de décision en matière de politiques contre le changement climatique. Longtemps restreinte aux communautés scientifiques, la problématique du changement climatique s'est progressivement imposée comme l'un des sujets de politique international les plus marquants de la fin du 20è siècles[1].

C'est à la suite de la conférence mondiale sur l'environnement et le développement, en 1992 en Rio, que la Convention Cadre des Nations unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) a été soumise à l'ensemble des pays de la planète. Etant donné que la qualité du climat est un bien économique particulier, un bien public global (ne connait pas de frontière), tous les pays doivent participer à sa protection.

Les couts socioéconomiques de réduction des émissions ainsi que ceux des préventions et d'adaptation négatifs des bouleversements climatiques sont inégalement distribués entre les pays de la planète.[2]

Au niveau mondial, Selon le rapport de synthèse des changements climatiques publié par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat (GIEC) (2007), le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde quoique de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord.

D'après le même rapport, les observations effectuées sur tous les continents et dans la plupart des océans montrent qu'une multitude de systèmes naturels sont touchés par les changements climatiques régionaux, en particulier par la hausse des températures.

[1] Faucheux S., Joumni H. Economie et politiques des changements climatiques
[2] Faucheux S. , Joumni H. Economie et politique des changements climatiques

Selon le rapport sur les perspectives de l'Afrique dans l'action mondiale contre le changement climatique (2009), la plupart des scientifiques considèrent que l'Afrique risque d'être plus gravement éprouvée que d'autres régions par le changement climatique. Selon ces scientifiques, l'Afrique va enregistrer des hausses de température plus marquées, une élévation du niveau des mers préjudiciables pour la majorité des habitants, une modification du régime des précipitations ainsi qu'une plus grande variabilité du climat du fait qu'elle est traversée par l'équateur. Les pays ne subiront pas les mêmes effets selon leur emplacement et leurs caractéristiques, mais tous sont exposés et ont intérêt à faire cause commune. La capacité d'adaptation étant moindre en Afrique que dans le reste du monde, ces effets, si rien ne les modère, pourraient réduire les superficies arables et aggraver la faim chronique, voire conduire à l'agitation sociale.

Selon le Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA) (2007) au Burundi, des perturbations liées au climat sont souvent enregistrées dans les différentes régions du pays et ont des conséquences plus ou moins importantes sur l'homme et sur son environnement.

Dans la région de l'Imbo, de longues sécheresses sont à l'origine d'une diminution progressive des ressources en eau, avec une baisse importante du niveau du lac Tanganyika, et un tarissement des sources d'eau et une certaine tendance à la désertification. En cas de pluies intenses, on assiste à des inondations graves et à une recrudescence de maladies hydriques telles que le choléra, la dysenterie bacillaire et le paludisme.

Dans la région du Mumirwa vulnérable à l'érosion, la sécheresse entraîne une diminution de ressources en eau et une chute de la production agricole ; les fortes pluies provoquent de fortes érosions et des inondations dans la plaine de l'Imbo en contre-bas, suivies des destructions d'infrastructures socio-économiques dont les routes et les bâtiments dans la ville de Bujumbura.

Dans la région des plateaux centraux, il y a une tendance à l'allongement des saisons sèches allant de 5 à 6 mois. Le début tardif de la saison pluvieuse et la fin précoce de celle-ci sont à l'origine de la perturbation des saisons culturales et du dessèchement des cultures. La sécheresse cause le tarissement d'un nombre considérable de points d'eau potable alors que les pluies trop abondantes provoquent des inondations avec des pertes importantes de production agricole.

Dans les dépressions du Nord et de l'Est du pays, avec une pluviométrie déjà faible, l'irrégularité et la diminution des précipitations ont déjà causé un tarissement des sources d'eau peu profondes et une diminution des productions agricoles ; par voie de conséquences une insécurité alimentaire, une famine, une malnutrition, des maladies, l'exode, la mendicité des populations ainsi que des vols dans les champs et dans les ménages. En cas des pluies intenses, des inondations sont observées dans les marais de la Malagarazi et de la Kanyaru, occasionnant des pertes énormes de la production agricole.

Les principaux secteurs identifiés comme les plus vulnérables au changement climatique sont l'énergie, **l'agriculture et l'élevage**, les forêts, les ressources en eau, les écosystèmes naturels et la santé.

Les études réalisées dans le cadre de la première, la deuxième et la troisième communication nationale sur le changement climatique et sur l'évolution des paramètres climatiques au Burundi à l'horizon 2050 sur base du modèle de circulation générale, montrent que la température moyenne annuelle va augmenter de 1°C à 3°C. La pluviométrie accusera une hausse de + ou - 10% et le régime pluviométrique sera perturbé de façon qu'il ne comporte plus que deux grandes saisons de six mois chacune : une saison pluvieuse qui s'étend de novembre à avril et une saison sèche. Ces changements de climat vont entrainer beaucoup de risques liés aux phénomènes suivants : (i) modification des saisons ; (ii) inondations des marais et bas-fonds ; (iii) dégradation des terres et perte de la fertilité des sols ; (iv) pénurie des ressources en eaux souterraines ; (v) avènements de phénomènes climatiques extrêmes (grêle, averses violentes, vents forts, etc.) ;(vi) modifications des cycles végétatifs des plantes cultivées et autres sylvestres ;(vii) phénomènes phytosanitaires imprévisibles.

Selon les mêmes études ci-haut évoquées, si rien n'est fait, la poursuite du changement climatique va aggraver la situation conduisant à une vulnérabilité accrue de l'économie du Burundi particulièrement dans le domaine agricole, des écosystèmes fragiles et des groupes sociaux comme les femmes, enfants, jeunes et les personnes âgées.

I.2. Problématique

La variabilité climatique est la caractéristique inhérente au climat qui se manifeste par des changements et déviations dans le temps (GIEC, 2007).

Le changement climatique par contre est la modification attribuée directement ou indirectement à une activité humaine et qui altère la composition de l'atmosphère globale et s'ajoute à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables (GIEC, 2007).

Le Burundi, pays de l'Afrique de l'Est est confronté au défi que constitue le changement climatique. Au Burundi, l'agriculture, essentiellement pluviale, occupe 94% de la population active, participe à plus de 50% au PIB, fournit 95% des apports alimentaires, et plus de 80% des recettes en devises.

Mais il est à remarquer que l'environnement devient de plus en plus dégradant et la terre ne répond plus favorablement aux efforts consentis par les paysans.

Avec son cycle climatique naturel marqué par la variabilité, la saisonnalité prononcée et la survenue de phénomènes extrêmes, pouvant souvent atteindre une magnitude catastrophique et avec des probabilités d'apparition indiscernables, ainsi que la prédominance de l'agriculture traditionnelle, le Burundi constituerait un exemple particulièrement intéressant.

Le Burundi a connu des périodes de famine liées au changement climatique (Annexe 3) qui restent encore gravées dans la mémoire des Burundais (Bigirimana et al. 1999 cité par PNUD, 2005).

Pour faire face à ces fléaux, le Burundi a initié plusieurs politiques et stratégies agricoles en vue de renforcer durablement le secteur agricole. Nous pouvons citer entre autres : le renforcement de la liaison entre la Recherche-Développement, Plan National d'Investissement Agricole(PNIA), Stratégie Agricole Nationale (SAN) et autres. Malgré ces politiques et stratégies mises en œuvre et les efforts institutionnels, il y a toujours paupérisation au niveau des populations, accentuée par les risques climatiques.

Malgré ses efforts déployés, la production et la productivité des systèmes de culture reste aussi faible. Le déficit de la production agricole est complété par les importations des produits alimentaires. La plaine de l'Imbo centre en particulier la commune de Gihanga est aussi dans cette situation de déficit de la production agricole malgré les potentialités en terme des cours d'eau pouvant être utilisés dans l'irrigation.

Dans la commune Gihanga la production moyenne du manioc a sensiblement diminué, le sorgho et les colocases ne se cultivent plus. La production du riz a augmenté au cours de ces trente dernières années.

Tableau 1: Evolution des productions (en tonne) pour les 5 principales culture de la commune Gihanga

Année	Production du mais	production du riz	Production des haricots	production de patate douce	production du manioc
1990	1675	345	2634	8960	68467,6
1995	1380	783	2245	5842	56128
2000	840,8	4171,6	1169,8	435	7712,8
2005	690,2	6595,6	1126,4	506,6	5432
2010	858,4	8775,4	745,2	178	5612
2015	1512,2	7446,6	2432,2	6582,8	1709,4
2019	632	12450	4923	6582,8	1647,5

Source : Rapports de l'ISTEEBU (2007,2012 et 209)

Le tableau 1 montre qu'il y a eu variation des productions pour les pour les principales cultures de la commune Gihanga. Ainsi, en 1990, la production du maïs est 1675 tonnes, en 2000 elle 840,8 tonnes pour être 632 tonne en 2019. La production du riz a connu une hausse ; elle est de 345 tonnes en 1990 et de 12450 en 2019. La production des autres cultures présentées dans ce tableau sont marquées par des variabilités.

On peut se demander si le changement climatique n'a pas une influence significative sur la variabilité de production des principaux systèmes de cultures à Gihanga.

La littérature montre que la plupart des études disponibles traitant les déterminants de la production et la productivité agricole présentent des lacunes. Ces lacunes sont liées à la non prise en compte des variables climatiques. Ces études se limitent souvent sur les facteurs comme capital, travail et terre.

Etudier les effets potentiels du changement climatique dans le secteur de l'agriculture en utilisant les outils statistiques et économétriques, constitue donc un enjeu majeur en termes de définition et de proposition des stratégies d'adaptation.

C'est dans cette optique que la présente étude intitulée : « **Analyse des impacts du changement climatique sur la production agricole à Gihanga : Cas des principaux systèmes de cultures »**, a été réalisée.

La pertinence d'une telle étude réside dans le fait que l'accompagnement des populations locales dans la lutte contre les effets du changement climatique surtout dans le domaine agricole, nécessite une bonne compréhension des effets du changement climatique, des stratégies d'adaptation appropriée et leur prise en compte.

Par ailleurs, la prise en compte des effets du changement climatique dans leur accompagnement dans la lutte contre ces derniers est très important car le changement climatique n'étant pas perçus de la même façon.

I.3. Questions de recherche

Quelles sont les effets du changement climatique sur l'agriculture, en particulier sur la production des principaux systèmes de cultures au niveau de la commune Gihanga ?

Spécifiquement, nous avons tenté de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les indicateurs de l'évolution du climat dans la commune Gihanga ?
- Quels sont les effets induits par le changement climatique sur la production agricole dans la zone d'étude ?
- Quelles sont les mesures d'adaptation mises en œuvre par les producteurs agricoles dans la commune de Gihanga pour faire face aux effets néfastes du changement climatique ?

I.4. Objectifs de la recherche

I.4.1. Objectif global

Prenant le cas de la commune Gihanga, ce travail consiste globalement à contribuer à l'analyse des impacts du changement climatique sur la production des principaux systèmes de cultures.

I.4.2. Objectifs spécifiques

- ✓ Analyser les différents indicateurs de la dynamique du climat dans la région d'étude ;
- ✓ Evaluer les effets du changement climatique sur la production des principaux systèmes de cultures dans la commune Gihanga ;
- ✓ Répertorier les mesures d'adaptation mises en œuvre par la population locale pour faire face aux effets induits par le changement climatique.

I. 5. Les hypothèses de recherche

Le changement climatique présente des impacts sur la production des principaux systèmes de culture dans la commune Gihanga. A cette hypothèse principale, s'énoncent trois hypothèses subsidiaires :

Hypothèse 01 : Les hausses des températures et les baisses des hauteurs de pluie enregistrées au cours des trois dernières décennies sont les indicateurs de la dynamique du climat à Gihanga ;

Hypothèse 02 : Les baisses répétées des productions des principaux systèmes de cultures sont des impacts du changement climatique sur l'agriculture dans la région d'étude ;

Hypothèse 03 : Des mesures d'adaptation au changement climatique ne sont pas adoptées par la population de la commune Gihanga.

I.6. Importance de l'étude

Le choix de notre thème pourra être bénéfique aux différents acteurs :

- ✓ **Intérêt personnel :** c'est pour nous un plaisir de traiter un sujet du domaine du changement climatique et production agricole, nous estimons que les recherches sur ce sujet contribueront à améliorer nos connaissances surtout en matière de l'inter relation entre le changement climatique et systèmes de cultures ;
- ✓ **Intérêt académique :** le sujet permettra à l'Université du Burundi d'évaluer le degré de mise en œuvre des connaissances théoriques dispensées pour s'assurer que les lauréats en master de cette université sortent avec un bagage suffisant du savoir-faire ;
- ✓ **Intérêt scientifique :** ce travail constituera un outil de référence pour les autres chercheurs intéressés par ce sujet. Ce document donnera des informations nécessaires à la corrélation entre les systèmes de cultures et le changement climatique ;
- ✓ **L'intérêt au niveau de l'économie nationale :** Les résultats trouvés constitueront une base de recommandation pour les décideurs politiques afin d'assurer le développement agricole. Les agriculteurs vont améliorer des connaissances pour les moyens de s'adapter et d'atténuer les effets dus au changement climatique.

I.7. Justification du choix de la région d'étude

Le choix de la région d'étude, qu'est la plaine de l'Imbo centre, précisément la commune Gihanga se justifie par le fait que la plaine de l'Imbo centre est classée parmi les régions du Burundi les plus vulnérables au changement climatique (Deuxième communication sur le climat au Burundi, 2010). Des cas de déficits hydrique et des inondations en cas de fortes pluies s'observent souvent dans cette région. Les cultures comme le manioc, le riz, le maïs, le haricot et le patate douce constituent une spéculation abondante dans les traditions agricoles de cette région mais sont sensibles à la variabilité climatique.

I.8. Organisation de l'étude

Notre travail tel que conçu comporte s'organise autour de quatre chapitres. Après ce premier chapitre qui reprend le contexte général, la problématique, les questions de recherche, les objectifs, les hypothèses, importance de l'étude, délimitation de l'étude, les critères de choix de la région d'études ainsi que l'organisation de l'étude, le deuxième chapitre concerne la revue de la littérature. Dans ce deuxième chapitre, nous avons présenté la revue de la littérature empirique et théorique. Le troisième chapitre est consacré à la méthodologie de recherche. C'est dans cette partie du travail où nous avons montré les méthodes et les outils que nous avons utilisées. Dans le quatrième chapitre, il est question de faire l'analyse et l'interprétation des résultats de recherche. Ce document se termine par la conclusion générale et les suggestions.

CHAPITRE II. REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre est consacré à la présentation et analyse de la littérature pour montrer ce que les autres auteurs qui ont travaillé dans le domaine du changement climatique et la production agricole ont trouvé. Il s'agit aussi de donner des éclaircissements sur les concepts clés.

II.1. Revue littéraire théorique

II.1.1. Théorie de la modélisation des rendements agricoles

Dans la littérature théorique beaucoup d'efforts ont été fait afin d'analyser les effets du changement climatique sur l'agriculture. L'essentiel de la recherche a été concentré sur les pays en voie de développement (Mendelson et Dinar 1999 cité par Rodrigue 2012). Les impacts du changement climatique sur l'agriculture ont été évalués essentiellement selon une approche en termes d'équilibre partiel.

Les approches en termes d'équilibre partiel dans la littérature, à propos des impacts du changement climatique sur l'agriculture, peuvent être classées selon trois approches : les modèles de simulation, le modèle agro économique et le modèle de Ricardo.

Le modèle de simulation : Les modèles sont fondés sur des expériences commandées où des récoltes sont cultivées dans des champs ou des laboratoires qui simulent différents climats et niveaux de CO2 afin d'estimer les réponses et les rendements d'une variété spécifique de récolte à certains climats. Les évolutions de ces modèles n'incluent pas les effets d'adaptation des fermiers aux conditions climatiques changeantes. En conséquence, leurs résultats tendent à exagérer les dommages des variations des précipitations ou de la température sur la production agricole (Mendelson et Dinar 1999 cité par Rodrigue 2012).

Le modèle agronomique : Ces modèles combinent des modèles de simulation de récolte, avec analyse de décision de gestion de la terre et capture des changements de ressources agro climatiques (Ficher et autre 2005).

Le modèle agronomique est une approche expérimentale qui cherche à mesurer les impacts directs d'un changement climatique sur les différentes cultures. L'analyse agronomique classe les terres existantes par zones agro écologiques, qui diffère selon la longueur de la période et du climat. La durée de la période cultivable est définie à la base par la température, les précipitations et les caractéristiques des sols.

Cette approche tente de mesurer directement le mécanisme de réponse des cultures face aux aléas climatiques, on remarque individuellement leur comportement et on contrôle pour toutes les autres variables qui peuvent influencer la croissance des plantes. Par contre ces expérimentations ne prennent pas en considération les effets de modification indirectes de l'environnement dans laquelle les cultures poussent.

La modélisation des zones de récoltes et les procédures environnementales permettent alors d'identifier les limites environnementales sous divers niveaux des entrées (engrais, main d'œuvre…) et des états de gestion et fournissent des évaluations maximums des rendements des récoltes agronomiques par unité donnée de terre. Cependant, les rendements possibles potentiellement prévus par le modèle sont souvent beaucoup plus grands que les rendements effectifs courants. Les modèles peuvent surestimer les effets de l'adaptation autonome.

En 1956 et 1958, Marc Nerlove fut le premier à développer la théorie que l'on connait sous le nom de « The Nerlovian models of supply response » qui a permis d'expliquer la réaction des producteurs agricoles américains face aux changements perpétuels des prix des récoltes, des politiques macroéconomiques et bien d'autres facteurs. Pour élaborer sa théorie, Nerlove part de deux constats classiques :

- Les producteurs réagissent par rapport aux prix actuels sur le marché.
- Les quantités observées peuvent différer des quantités désirées en raison du retard d'ajustement dans la réallocation des facteurs. Quand le prix du produit change, plusieurs années peuvent s'écouler avant que les producteurs ne puissent ajuster leur production ordinaire désirée au nouveau prix.

Les travaux de Marc Nerlove ont joué un rôle très important et ont apporté un souffle nouveau à la modélisation de l'offre du secteur agricole face aux risques y afférents et bien d'autres. Il s'agit entre autre des politiques macroéconomiques et commerciales, le changement technologique, **les aléas climatiques**, etc. Les études empiriques ont permis aux agroéconomistes, surtout américains, de développer les outils adéquats de politique agricole. Ceci a considérablement amélioré le rôle du secteur agricole dans le développement économique et a mis en relation l'Etat et les producteurs à travers les politiques macroéconomiques. Cependant, la réaction de l'offre du secteur agricole aux mouvements des prix a été l'objet de longues et vigoureuse discussions se référant au traitement classique de l'élasticité de l'offre de long terme de Nerlove (1958) pour le blé, le coton et du maïs aux Etats unis (Askari et Cumings, 1976).

L'estimation des élasticités de l'offre varie largement d'une culture à l'autre, d'une région à l'autre. Ceci a conduit certains auteurs à dire que les modèles nerloviens sont inadéquats pour décrire la réaction de long terme. Binswanger (1989) souligne que la politique agricole de l'ajustement structurel de long terme peut ne pas être discernable avec l'analyse de la régression, particulièrement dans les modèles avec un retard structurel, c'est le cas dans les modèles Nerloviens. Dans « policy intervention and supply response : the British potato making scheme in retrospect», A. Lioyd, C. Morgan et J.Rayner soulignent que dans un marché sur lequel la décision des producteurs est contrainte par des opérations des quotas sur la terre, d'excès de politique de taxation, la validité de la spécification du modèle Nerlovien n'est plus certaine. Quelques années plutôt, Jenning (1981), Enner et White (1989) démontraient le même résultat. Ils proposent une spécification alternative du modèle Nerlovien qui exploite utilement la présence du contrôle des sols et le maintien de l'environnement dans la modélisation des superficies et des rendements.

Beaucoup d'autres auteurs, particulièrement dans les études d'assurance des producteurs face aux différents risques lient à la production (notamment la pluviométrie et la température), ont suggéré plusieurs approches pour mesurer les rendements agricoles. Dans « Developping based rainfall indexinsurance in Morocco 1999 », Barakat et Handoufe distingue deux types de risques qui affectent les rendements agricoles : le risque systémique dû aux facteurs non maitrisables tels que la pluie, l'érosion et le risque spécifique qui peut provenir par exemple des mauvaises utilisations des intrants chimiques, la mécanisation, les mauvaises semences etc.

Dans le même cadre, Yacoubi et al, (2001), dans leur étude sur la sécheresse au Maroco ont abouti à une relation linéaire entre les précipitations pluviométriques et la production agricole en utilisant le modèle linéaire. Modélisation des impacts du changement climatique sur la production des cultures vivrières.

Dans cette étude, le modèle à correction d'erreur a été retenu pour tenir compte du comportement des séries temporelles pour le court et le long terme.

II.1.2. Corrélation des effets agriculture, changement climatiques et activités humaine

S'il est simple de comprendre que le changement climatique affecte simultanément une variété de secteurs inter reliés aux quatre coins de la planète, il est beaucoup plus difficile de le considérer dans l'analyse comme une seule entité.

Il est bien clair que certains auteurs renvoient les conséquences de l'un à l'autre concernant le changement climatique, agriculture et les activités humaines.

- **Les risques liés au changement climatique d'origine humaine**

Alors que le changement climatique naturel se fait sur de très longues périodes, les conséquences liées à l'humanité dues à l'industrialisation de la planète et à l'utilisation massive d'énergies fossiles, et la majorité des populations mondiale caractérisés par forte consommation d'énergie à des fins domestiques, ce qui accélèrent et aggravent ces effets et résultats, les changements anthropiques sont très rapides et par conséquent menacent énormément les écosystèmes souvent fragiles.

- **Conséquences du réchauffement climatique sur l'homme et la biosphère**

La convention sur la diversité biologique (CDB) a en 2010 proposé des scénarios de réponses de la biodiversité face au changement global. Ces outils prospectifs issus de modèles statistiques, d'expérimentations et des tendances observées visent à aider le dialogue.

Dans le monde, selon le GIEC, la capacité de nombreux écosystèmes à s'adapter naturellement sera probablement dépassée sans précédent des :

- Bouleversements climatiques : inondations, incendies de forêts, sècheresses, insectes, acidification des océans ;
- Changements mondiaux : changements d'affectation des sols (déforestation, barrages, urbanisation…), pollution, surexploitation des ressources ;
- Le bilan global du réchauffement climatique en termes de biodiversité sera négatif, selon le consensus du quatrième rapport du GIEC qui envisage la disparition de 40 à 70 % des espèces et certaines espèces verront peut-être leur population et leur aire de répartition augmenter.
- Les dommages causés aux systèmes naturels, que ce soit par leur ampleur géographique ou leur intensité, seront proportionnels à l'intensité et à la rapidité du réchauffement planétaire.

Conséquences négatives pour l'humanité : le GIEC prévoit des conséquences négatives majeures pour l'humanité au XXIe siècle :

- Une baisse des rendements agricoles potentiels dans la plupart des zones tropicales et subtropicales ;

- Une diminution des ressources en eau dans la plupart des régions sèches tropicales et subtropicales ;
- Une diminution du débit des sources d'eau issues de la fonte des glaces et des neiges, à la suite de la disparition de ces glaces et de ces neiges.
- Une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes comme les pluies torrentielles, les tempêtes et les sécheresses, ainsi qu'une augmentation de l'impact de ces phénomènes sur l'agriculture ;
- Une augmentation des feux de forêt durant des étés plus chauds ;
- Des risques d'inondation accrus, à la fois à cause de l'élévation du niveau de la mer et de modifications du climat ;
- Une plus forte consommation d'énergie à des fins de climatisation ;
- Une baisse des rendements agricoles potentiels aux latitudes moyennes et élevées (dans l'hypothèse d'un réchauffement fort).

II.1.3. Les conséquences environnementales de changement climatiques

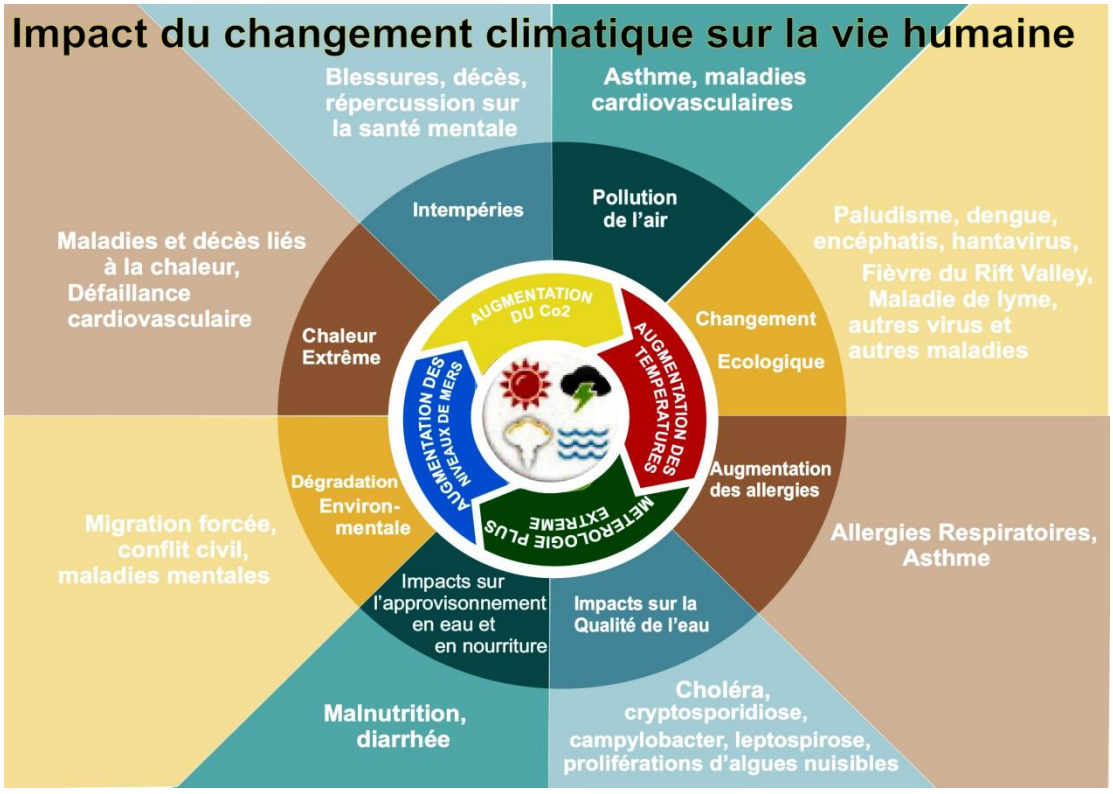
- **Les risques environnementaux d'origines climatiques :** selon le GIEC, « le réchauffement anthropique de la planète pourrait entraîner certains effets qui sont brusques ou irréversibles, selon le rythme et l'ampleur des changements climatiques ».

- Montée des eaux au niveau des océans engendrés par deux phénomènes : l'augmentation du volume de l'eau due à son réchauffement (quelques dizaines de centimètres d'ici 2100) et par l'apport d'eau supplémentaire provenant de la fonte des glaciers continentaux et des calottes polaires. Ce dernier phénomène s'étale sur une longue durée.
- Précipitations et foudre : selon le rapport 2007 du GIEC, une augmentation des précipitations aux latitudes élevées est très probable tandis que dans les régions subtropicales, on s'attend à une diminution, poursuivant une tendance déjà constatée. Selon des études publiées en 2007-2008, à l'horizon 2025, un tiers de la population mondiale pourrait se trouver en état de stress hydrique.
- Dégradation de la qualité de l'air : en particulier via le risque d'une érosion hydrique et éolienne accrue et via un risque aggravé d'incendies de forêt et d'une moindre capacité des milieux à fixer les poussières.

Pour les phénomènes à très long terme : la majorité des climatologues pensent que les phénomènes induits par l'émission des gaz à effet de serre vont se poursuivre et s'amplifier à très long terme. Le troisième rapport du GIEC insiste en particulier sur les points suivants :

- Certains gaz à effet de serre, ont une espérance de vie longue, et influent donc sur l'effet de serre longtemps après leur émission (durée de vie dans l'atmosphère d'environ 100 ans pour le CO2) ;
- Le réchauffement planétaire se poursuivra après la stabilisation de la concentration des gaz à effet de serre. Ce réchauffement devrait cependant être plus lent ;
- La masse océanique fait que l'élévation du niveau des mers se poursuivra même après la stabilisation de la température moyenne du globe. La fonte de calottes glaciaires, comme.

Synthétiquement, les impacts du changement climatique sur la vie humaine sont présentés sur la figure ci-après :



Source : https://www.encyclopedie-environnement.org/sante/changement-climatique

II.1.4. Indicateurs de la vulnérabilité des rendements agricoles

Les indicateurs de la vulnérabilité des rendements agricoles sont déterminés à partir des paramètres de précipitations et d'évapotranspiration potentielle ou en combinant les deux avec des coefficients dérivés empiriques des cultures (Bootsma et *al.*, 2005 ; Ogouwalé, 2006 ; Bertrand 2012). Les indicateurs calculés sont l'indice d'humidité et l'indice de stress agro climatique :

L'indice d'humidité (**IH**) permet de mesure le rapport des hauteurs de pluies (P) à l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur une période déterminée. Son expression mathématique est : **$IH = (\Sigma P/\Sigma\ ETP) *100$**

Il évalue l'efficacité des précipitations par rapport à la demande climatique. Plus les valeurs sont faibles, plus les périodes sont sèches et moins les cultures se trouvent dans de conditions favorables (Franquin et *al*., 1988).

L'indice de stress agroclimatique (**IAC**) est le rapport du déficit d'évaporation à l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur une période donnée. Il est noté :

$IAC = (\Sigma ETP – \Sigma ETR) / \Sigma ETP) *100$

Plus la valeur de l'IAC est élevée, plus les cultures se trouvent dans des conditions défavorables ne leur permettant pas de satisfaire leur besoin en eau (Morel et *al*.,2008).

La démarche d'évaluation de la vulnérabilité des cultures aux changements climatiques vise à formuler des stratégies d'adaptation durables en combinant savoirs locaux et connaissances scientifiques dans un cadre de gestion intégrée.

II.1.5. La caractérisation climatique au Burundi

Le Burundi fait partie de ce monde qui se réchauffe. A l'instar des autres pays, il est également touché par le changement climatique comme nous l'avons décrit dans les paragraphes précédents. Selon le rapport de l'OBPE en 2019 sur la vulnérabilité, le Climat du Burundi est caractérisé par des précipitations annuelles diffèrent selon la zone, fonction de l'altitude et la saison. Les basses terres de la zone Imbo et de la plaine Ruzizi à l'ouest et au Nord-Est reçoivent les précipitations les plus faibles avec des moyennes de 773,52 mm/an et sont les plus chaudes (30.35 et 18.55°C). Les hautes terres du bassin versant du Congo-Nil reçoivent la plupart des précipitations plus de 1350 mm /an et sont beaucoup plus froides (20.92-11.66°C). Les précipitations annuelles pour les zones d'altitude moyenne sont de 789,62 mm, 837,6 mm et 914,35 mm respectivement pour les stations de Musasa, Kirundo et Gitega. Les coefficients de variation sont de 29,4 % à 21,7 % respectivement pour Imbo à Rwegura.

Le Climat du Burundi est aussi caractérisé par des températures moyennes qui diffèrent selon la zone. Les basses terres de la zone Imbo et de la plaine Ruzizi sont généralement les zone les plus chaude du Burundi (30.35-18.55ºC).

Les hautes terres du bassin versant du Congo-Nil sont beaucoup plus froides (20.92-11.66 ° C). Les températures moyennes dans les autres régions du pays se situent entre ces deux extrêmes.

II.1.6. Situation de la pluviométrie et des températures à l'Imbo centre

Comme indiqué dans le paragraphe précédent, les quantités de précipitation varient en fonction des saisons et des stations.

On distingue principalement deux saisons pluvieuses. Le paragraphe suivant indique des quantités des précipitations et des températures pour différentes saisons dans la station Bujumbura-Aéroport.

- La grande saison des pluies (Mars-Mai, 298.1-381.9 mm),
- La petite saison des pluies (Septembre – Décembre, 368,8-514,3 mm).

Les quantités des précipitations montrent que dans la région de l'Imbo centre, il y a une probabilité de 75 % d'obtenir une quantité de précipitation égale à 381.9 et 514.3mm.

Des prévisions approximatives à base des modèles de circulation générale au Burundi font état d'une probable augmentation de la température de l'ordre de 2°C à 4°C durant le XXIe siècle dans des pays très peu émetteurs de gaz à effet de serre.

- Le secteur de l'eau sera l'un des plus déstabilisés. Diminution de l'écoulement des eaux ;
- Modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur certains aménagements hydrauliques et agricoles ;
- Augmentation de la salinité des eaux ;
- Baisse du niveau des nappes souterraines.

Pour l'agriculture, l'érosion des sols entraîne une dégradation des terres, les déficits en pluviométrie provoqueront un déficit des rendements des cultures pluviales et l'activité agricole sera perturbée davantage.

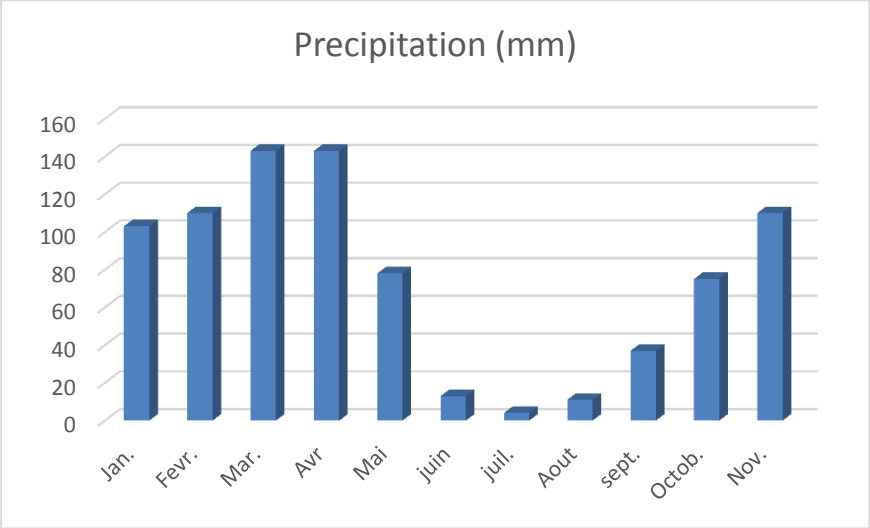
II.1.7. Le climat de Gihanga

Le climat est l'un des éléments les plus dynamiques et le plus complexes du cadre physique.

Ses modifications, parfois brutales comparativement aux autres éléments du milieu provoquent des déséquilibres importants, influençant de ce fait tous les aspects du développement socio- économique d'un pays.

Gihanga se trouve dans la zone de la plaine de l'Imbo dont le climat est semi-aride. Ses ressources naturelles (sol, Eau, végétation) subissent les conséquences néfastes des sécheresses répétées, des inondations et de la pression démographique. Le pays a connu ces dernières années un déficit pluviométrique qui se sont traduites par des périodes de sécheresses chroniques avec comme conséquence la réduction de la production agricole. Des graves inondations se sont manifestées fin d'année 2019 et début de l'année 2020 provoquant de lourdes pertes au niveau agricole, santé et infrastructure.

Graphique 1: Illustration de la précipitation en commune Gihanga



La commune Gihanga se trouve à 823 m d'altitude. La température annuelle moyenne est de 25,1 °C et les précipitations y sont d'environ 948 mm par an.

Les précipitations sont les plus faibles en juillet, avec une moyenne de 4 mm. La plupart des précipitations tombent en mars, avec une moyenne de 143 mm.

Avec une température moyenne de 25,9 °C, septembre est le mois le plus chaud de l'année. En juin, la température moyenne est de 24,6 °C. C'est la température moyenne la plus basse de toute l'année.

Entre les mois les plus secs et les plus humides, la différence de précipitations est de 139 mm. Les températures moyennes varient au cours de l'année de 1,3 °C.

Tableau 2: Données climatiques de Gihanga

Mois	Jan.	Fevr.	Mar.	Avr	Mai	juin	juil.	Aout	sept.	Octob.	Nov.	Décemb.
moyenne (°C)	25.1	25.1	24.9	25.1	25	24.6	24.6	25.3	25.9	25.8	24.8	25
Minimale (°C)	20.3	20.2	20	20.4	20.2	18.9	18.5	19	19.7	20.2	19.9	20.2
Maximale	30	30	29.9	29.8	29.9	30.3	30.7	31.7	32.2	31.4	29.8	29.8
Precipitation (mm)	103	110	143	143	78	13	4	11	37	75	110	121

Source : https://en.climate-data.org/africa/burundi/bubanza/gihanga-55690/

II.1.8. Impact du changement climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire

Le changement climatique présente des effets sur la production agricole, la diminution de la production provoque la difficulté d'accès à la nourriture et sa durabilité.

II.1.8.1. Impact de l'effet de serre sur l'agriculture

La température moyenne de la surface de la terre a augmenté entre 0,6 et 0,9°C depuis 1860.

Le troisième Rapport d'évaluation du GIEC (2001) donne une vision convaincante des conditions qui prévaudront probablement sur la Terre à la fin du XXIe siècle, avec un réchauffement mondial de 1,4 - 5,8°C influant sur le régime des systèmes météorologiques, les ressources en eau et le cycle des saisons. Les zones climatiques pourraient se déplacer verticalement vers les pôles, perturbant les écosystèmes vulnérables.

Les arbres fruitiers verraient leur floraison arriver plus tôt. De même, les plantes et animaux pourraient être plus sensibles aux ravageurs, aux maladies et aux mauvaises herbes.

Les modèles climatiques montrent par ailleurs de manière constante que les phénomènes extrêmes de précipitations deviendront plus fréquents dans de nombreuses zones et que les risques de sécheresse seront plus importants dans les régions continentales en été. Dans certaines parties de l'Afrique et de l'Asie, la fréquence et l'intensité des sécheresses semblent avoir augmenté. Les systèmes écologiques les plus vulnérables sont les moins capables de s'adapter. L'humidité des sols sera affectée par l'évolution du régime des précipitations. Des régions exposées à la sécheresse risquent de connaître des périodes sèches plus longues et plus rigoureuses (Anonyme, 2001 cité par AIT BENNOUR, 2017).

II.1.8.2. Contribution de l'agriculture à l'effet de serre

Depuis les années 1970, les premiers signes des perturbations de l'équilibre des milieux naturels liés au changement climatique sont observés. L'agriculture constitue un secteur particulièrement sensible. Elle contribue pour 16% des émissions de gaz à effet de serre subit l'impact des changements climatiques et peut aussi contribuer par certaines pratiques à la réduction de ces gaz dans l'atmosphère.

Le carbone est l'élément essentiel de la vie, il se trouve en grande partie dans les océans, mais également dans les sols et la végétation. La décomposition de la matière organique libère du CO2 dans l'atmosphère, une partie est stockée dans le sol (Rasmussen et Parton, 1994 cité par AIT BENNOUR, 2017). Le dioxyde de carbone est actuellement responsable de plus de 60% de l'effet de serre.

L'agriculture contribuerait pour 75 % des émissions en N2O par la transformation des produits azotés dans le sol et 50 % des émissions de CH4 dont la production est liée aux phénomènes anaérobies de la fermentation des matières végétales (rizières) et lors du transit digestif des ruminants. L'augmentation de sa production est due d'une part au développement de la population humaine et d'autre part au développement de l'agriculture.

II.1.8.3. Adaptation de l'agriculture au changements climatique

La question qu'on peut se poser est celle des options possibles d'adaptation pour l'agriculture aux changements climatiques.

La majorité des options d'adaptation concerne les ressources hydriques, secteur transversal des possibilités de l'activité économique et véritable clé de voûte des performances de l'agriculture. Un premier type implique l'accélération de la mobilisation de nouvelles ressources, d'abord conventionnelles par la construction de barrages. Une voie primordiale concerne le développement des eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau du lac qui permettrait l'approvisionnement de villes côtières et la redistribution de l'eau des barrages vers les cultures. Dans l'industrie, le recyclage et l'utilisation de l'eau saumâtre réduiraient fortement les besoins. La tarification de l'eau pourrait inciter les utilisateurs à maîtriser leurs consommations et à utiliser des techniques économes.

D'autres options concernent plus directement le secteur agricole et ses pratiques, avec notamment la refonte du calendrier agricole traditionnel par l'optimisation des dates de semis en fonction de l'évolution du climat et enfin la reconversion et le repositionnement des

cultures selon l'évolution du contexte bioclimatique. Cette option serait cependant conditionnelle à un accompagnement technique et financier des agriculteurs.

Ces options, nécessitent des investissements dans la formation, l'encadrement et la sensibilisation aux modalités des économies en eau et aux risques posés par le changement climatique, des agriculteurs en particulier, mais également de tous les usagers de l'eau.

La vulnérabilité du secteur agricole à la variabilité climatique se traduit par des épisodes de contraction et d'expansion de l'activité, aux effets macroéconomiques élevés et déstabilisateurs. Surtout, les efforts en faveur de l'agriculture impliquent des pressions croissantes sur l'environnement et une concentration sectorielle de ressources comme l'eau.

Le stockage du carbone dans les sols cultivés peut également contribuer à atteindre d'autres objectifs environnementaux et socio-économiques. Cela améliore souvent la productivité agricole. De plus, des méthodes comme la réduction des labours et l'augmentation de la couverture végétale améliorent la qualité de l'eau et de l'air. En raison de ces avantages, ces pratiques de stockage du carbone sont souvent justifiées au-delà de leur contribution à l'atténuation des changements climatiques (Anonyme, 2001).

II.1.8.4. Impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire au Burundi

La question de la sécurité alimentaire est au cœur de toutes les politiques agricoles et agroalimentaires de nombre de pays en développement. La crise alimentaire de 2007/2008 a, en effet, mis en exergue la vulnérabilité et la dépendance des économies nationales du fait parfois de la destruction des systèmes de production vivriers, tout comme elle a confirmé les limites du système mondial de régulation et de commercialisation des produits alimentaires de base.

La sécurité et l'autosuffisance alimentaire

- **La sécurité alimentaire**

La définition officielle de la FAO : «la sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, en tout temps, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active ». (FAO, Sommet Mondial de l'Alimentation, 1996).

Cette définition amplement acceptée est centrée sur les aspects suivants : la disponibilité alimentaire, accès à la nourriture, l'utilisation de la nourriture et la stabilité.

Au Burundi, comme dans d'autres parties du monde, les questions agricoles et alimentaires sont traitées comme une fonction régalienne de l'État ; en d'autres termes, c'est une affaire d'Etat car la résolution de ces questions est cruciale pour assurer sa pérennité et est décisive pour la stabilité sociale et politique du pays.

L'objectif de sécurité alimentaire se retrouve dans tous les documents stratégiques fondateurs des politiques agricoles adoptées par le pays.

L'Etat algérien a, depuis l'indépendance nationale, accordé à la question alimentaire une importance fondamentale. Les productions agroalimentaires jouent donc un rôle important dans l'économie et la croissance économique globale du pays. Tous les indicateurs révèlent une tendance à la croissance du secteur et à l'amélioration de sa productivité.

L'avenir de la sécurité alimentaire au Burundi est étroitement lié à plusieurs facteurs, à savoir : le réchauffement climatique, la croissance démographique, la forte demande alimentaire avec le changement du modèle de consommation, etc.

- **L'autosuffisance alimentaire**

D'après Claudine CHAULET : « l'expression d'autosuffisance signifiait une relation d'égalité entre production agricole et consommation alimentaire ».

II.2. Revue littéraire empirique

La recherche documentaire donne l'opportunité de retracer l'histoire et les recherches déjà faites sur le changement climatique et ses conséquences sur l'agriculture ainsi que les techniques d'atténuation et d'adaptation. Au terme de la collecte des données bibliographique, force a été constaté que les questions relatives au changement climatique et sa corrélation avec la production agricole ont fait l'objet du débat pour des chercheurs. Les études déjà réalisées sur ce sujet peuvent être classées en deux courants. Le premier consiste à étudier les liens entre le changement climatique et l'agriculture en générale en dehors du contexte économique. Les travaux menés dans ce cadre permettent d'identifier les principaux impacts sur l'écophysiologie de la plante et les régions de production.

La deuxième analyse la relation entre la production agricole et son environnement en tenant compte des aspects économiques. Les études de l'impact du changement climatique sur la production agricole à considération économique sont essentiellement basées sur trois types d'estimations quantitatives : la simulation des modèles agro économiques (Adams et al. 1988, Adams et al. 1990 ; Adams et al. 1993 ; Adams et al. 1999 ; Easterling et al. 1993 ; Kaiser et

al. 1993 ;Ronsenzweig and Parry 1994), l'analyse des zones agro écologiques (Fisher et Van Velthuizen 1996), et la méthode Ricardienne (Mendelsohn, Nordhaus et Shaw 1994, 1996, 1999; Dinar et al. 1998).

Oussama Zouabi , dans son étude sur le changement climatique, l'agriculture et croissance économique, en Tunisie 2012, a trouvé que le changement de température et de la précipitation ont des impacts négatifs sur la production agricole. L'étude menée par Emmanuel D. YAI, Bernadin G. C. AHODODE & Felix C. BIAOU sur incidence du Changement Climatique sur les Productions Agricoles en commune de Banikoara au Benin, montre que le changement climatique affecte les cultures de manière différente. En effet, il ressort des résultats obtenus que l'indice, les déficits et les ruptures pluviométriques exercent toutes deux des effets positives sur la production du coton et du maïs contrairement à la température qui exerce un effet négatif engendrant une forte diminution de la production du coton et du maïs. Par contre, l'estimation de ces variables climatiques sur la production du sorgho a donné des signes contraires par rapport à ceux observés sur le coton et le maïs.

Dans son ouvrage de 2012, impact du changement climatique sur les revenus agricoles au Burkina Faso, MATHIEU OUÉDRAOGO montre que le changement climatique a une incidence sur la production agricole et par conséquent le revenu agricole. Les résultats de cette étude ont montré que la relation entre le revenu et le climat est non linéaire. L'impact marginal de la température sur le revenu agricole est de -19,9 dollars US par hectare tandis que celui de la précipitation est de +2,7dollars US par hectare. L'analyse des élasticités montre que l'agriculture est très sensible à la précipitation au Burkina. L'augmentation des précipitations de1% entraine une hausse des revenus agricoles de 14,7%. Cependant, une augmentation des températures de 1% entraine une baisse des revenus agricoles de 3,6%. Les analyses de sensibilité ont montré que les paysans perdront 93% de leurs revenus suite à une augmentation de la température de 5°C. Ils perdront tout leur revenu suite à une diminution des précipitations de 14% (*ceteris paribus*).

Le travail de fin d'études de master présenté par **Simon BISORE** en 2006 sur la problématique du changement climatique au Burundi montre une corrélation négative entre la production agricole et changement climatique.

Dans sa thèse de doctorat, défendue en 2012 en vue de l'obtention du grade du docteur, intitulée évaluation économique de l'impact du changement climatique sur l'agriculture, Aida NEFZI montre que les résultats s'opposent à l'hypothèse de départ de son travail qui dit que le changement climatique pourrait affecter négativement et fortement l'agriculture tunisienne. Seulement, il s'inscrit dans la ligne des résultats des premiers travaux utilisant l'approche ricardienne. L'introduction implicite de l'évolution technologique, à travers la considération de l'effet spatio-temporelle dans l'analyse, joue un rôle important dans l'agriculture et mute l'impact du climat sur l'agriculture tunisienne.

Dans la thèse de doctorat, changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine présentée en juin 2014, Bertrand Doukpolo montre les effets divers du changement climatique. Il montre que les effets attendus de ce changement seront les modifications de la durée des saisons de culture, la perturbation des cycles biologiques des cultures et autres micro-organismes utiles à l'environnement, des stress hydriques et thermiques plus intenses sur des périodes plus longues. Ce dysfonctionnement des saisons agricoles aura une grande influence sur la capacité des agriculteurs à planifier leurs activités. Des baisses de rendement des cultures céréalières et oléagineuses de l'ordre de 20 à 50 % sont attendues dans la région ouest du centre afrique aux horizons futurs proches et lointains.

Les mesures d'atténuation et d'adaptation face au changement ont fait l'objet de multiples études. Dans l'étude sur les choix des techniques agricoles pour l'adaptation au changement climatique réalisée au Benin par le gouvernement sous l'appui du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), on a montré que les paysans utilisent des techniques d'atténuation et d'adaptation face au changement climatiques. Ces techniques peuvent être endogènes ou exogènes. D'après les résultats de l'étude, il ressort que cinq risques climatiques majeurs sont perçus par les producteurs. Il s'agit du retard dans le démarrage des pluies, des poches de sécheresses, de la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, des vents violents et des fortes chaleurs. Les conséquences de ces risques climatiques se répercutent aussi bien sur l'environnement physique de vie des ménages, les activités de production et les moyens et modes d'existences.

L'assèchement des cours et plans d'eau, les inondations soudaines et inhabituelles, la diminution de la hauteur des cours d'eau et l'augmentation du niveau d'attaque des plantes sont les conséquences perçues par les producteurs des risques climatiques sur les milieux physiques de vie.

Par la réduction des rendements des activités de production ces risques climatiques entrainent la baisse des revenus, la baisse de la disponibilité alimentaire, l'aggravation de la pauvreté, l'allongement de la période de soudure et l'augmentation des maladies virales qui sont les principaux effets perçus par les producteurs des changements climatiques sur leurs moyens d'existences.

Pour s'adapter à ces diverses contraintes des mesures endogènes et exogènes sont développées par les producteurs. Les mesures endogènes portent entre autres sur les modifications des techniques de conduite des cultures, l'abandon ou l'adoption de cultures ou variété de cultures, le changement progressif du calendrier agricole et des itinéraires techniques, les modifications dans les techniques de gestion des sols, l'exploitation des unités de paysage, le raccordement des extrémités des billons et aménagement antiérosif, les aménagements d'ails (zaï), la réalisation des tranchées longitudinales pour favoriser l'infiltration de l'eau sur les sols en pente, l'utilisation de Mucuna comme plantes de couverture, le paillage des sols à l'aide des débris végétaux, la diversification des sources de revenus, les modifications dans la conduite des animaux d'élevage et l'agroforesterie. Quant aux stratégies exogènes, elles sont introduites par des ONGs et les structures de vulgarisation.

En Afrique tropicale, les populations rurales sont particulièrement concernées par les changements climatiques, dans la mesure où les performances de leurs systèmes de production sont étroitement tributaires du climat (Boko, 1988 ; Janicot et *al*. 2004). La pauvreté des populations ne leur permet pas d'accéder aux technologiques d'adaptations (mécanisation, engrais, semences, irrigation, etc.) et aux innovations culturales adéquates et performantes. Cette situation constitue un facteur aggravant des impacts socio-économiques des changements du climat : les sécheresses des années 70 ont provoqué une famine dramatique et les inondations de la décennie 90 ont occasionné des pertes inestimables des rendements culturaux (FAO, 2007).

C'est dans ce contexte que d'importants travaux scientifiques ont attiré l'attention de la communauté scientifique sur les enjeux de la variabilité et des changement climatique en Afrique tropicale (Afouda, 2001, Ndjendolé, 2001; Ogouwalé, 2006).

Il se dégage des analyses et conclusions pertinentes que les perturbations climatiques d'ampleur spatiale considérable, en fréquence, en intensité et en durée ont fortement contribué à impacter les économies déjà fragiles, à occasionner des crises alimentaires aiguës et à freiner d'énormes efforts consentis pour l'atteinte des objectifs du développement durable en Afrique.

Les études réalisées par Morel et *al*. (2008) montrent que les précipitations ont diminué de façon relativement brutale vers 1970. Cette baisse a également entraîné celle des productions agricoles qui en dépendent. Selon Sarr et Salack (2007), les rendements des cultures vivrières (mil, sorgho, maïs, etc.) ont baissé de plus de 60 % à cause des seules variations pluviométriques. Certaines années très déficitaires, comme 1972 au Sahel, ont connu des situations alimentaires catastrophiques. Des cultures d'exportation, qui étaient rentables avant 1970, ne le sont plus, car étant inadaptées à la nouvelle situation climatique. C'est le cas du palmier à huile et de la tomate au Bénin méridional ou de l'arachide au Niger (Ogouwalé, 2006 et Niang, 2007).

Il ressort de la plupart des études (Harrison et *al*., 2008) consacrées aux impacts négatifs du changement climatique que ceux-ci ont entraîné un décalage des saisons qui est devenu un phénomène très fréquent dans l'espace tropical. En Centrafrique, en Côte d'ivoire et au Cameroun, la grande saison pluvieuse au lieu d'intervenir en début du mois de mars comme dans le passé arrive de plus en plus au mois de mai (Sultan et *al*., 2004 ; Brou, 2005 et Tsalefac et *al*., 2007).

Le décalage des saisons entraîne des reprises de semis occasionnant la baisse de revenus et du pouvoir d'achat, l'exode rural, la famine (prolongation de la période de soudure, les migrations saisonnières des exploitants agricoles et les modifications des habitudes culturales).

Globalement, au cours de ces dernières années, les débuts et fins des saisons pluvieuses sont devenus de moins en moins prévisibles pour les paysans. Ceci rend aléatoire la planification agricole. Il en est de même pour la durée de la Période de Croissance des Cultures (PCC) qui caractérise la période favorable au développement et à la productivité des cultures. Une tendance à un raccourcissement de la PCC a été également observée depuis la fin des années 1960 corrélativement à l'aridification des régions soudano-sahéliennes (Diop et *al*., 2000). Selon Thornton et *al*., (2006), la PCC serait l'un des éléments les plus affectés par le changement climatique sur le plan agricole.

Les études menées par Thornton et son équipe (2013) prévoient des baisses de la PCC supérieures à 30 % dans les zones semi arides déjà précaires d'ici 2020. Certaines zones dont la PCC était satisfaisante pour permettre aux cultures de boucler leur cycle verraient la tendance s'inverser d'ici 2050. A cela, s'ajoutent les hausses de température prévues de 4 à 5 °C et les changements extrêmes des précipitations qui se combineront pour faire raccourcir la PCC et mettre davantage les cultures en conditions d'inconfort hydrique et thermique dans de nombreuses régions subtropicales d'Afrique.

Pour faire face aux impacts des changements climatiques et réduire la vulnérabilité des agro systèmes, les populations ont toujours mis en valeur leurs savoirs endogènes (Sarret *al*., 2007). Mais ces mesures endogènes, dans certains cas, ont montré leurs limites comme en témoigne la persistance de la situation de crises alimentaires que les pays sahéliens et subtropicaux ont connues au cours de ces dernières décennies.

Les données climatologiques accessibles sont parcellaires et peu suggestives pour enclencher une mobilisation nationale en faveur de la lutte contre la vulnérabilité de l'agriculture par la mise en œuvre des stratégies d'adaptation durables. La plupart des indicateurs du changement climatique restent globaux et ne permettent pas de cerner la dynamique climatique et la vulnérabilité agricole à une échelle plus fine.

Or, il importe de fournir des informations chiffrées ou quantifiées à la population et aux décideurs sur les changements climatiques et proposer des mesures d'adaptation novatrices et durables. D'où l'intérêt de mener la présente étude, afin d'analyser les impacts agricoles des changements climatiques qui pourraient engendrer des situations agroalimentaires et socio-économiques difficiles au cours des prochaines décennies.

II. 3. Cadre conceptuel

Après avoir établi la présentation de la zone d'étude, la population cible et les techniques de détermination de l'échantillons, il est important de faire un éclaircissement sur les différents concepts se rapportant au changement climatique et agriculture et montrer les différents facteurs pouvant avoir une influence sur la productivité des systèmes de cultures dans la zone d'étude.

II.3.1. Eclaircissement des concepts

Dans la littérature scientifique, on propose des diverses définitions opératoires relatives aux concepts du changement climatique, des effets et impacts agricoles et des stratégies d'adaptation et d'atténuation. Dans ce travail, nous allons retenir les définitions préconisées par la CCNUCC (1992), la FAO (2007) ; le GIEC (2001, 2007 et 2018). Leur portée sera clarifiée afin d'aider à la compréhension des idées développées dans la présente étude :

II.3.1.1. Changement et réchauffement climatique

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, 1992), dans son article premier, définit le changement climatique comme « des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». Le GIEC définit les changements climatiques par l'effet conjoint de l'activité humaine et de la variabilité naturelle (GIEC, 2007).

Dans le cadre de cette étude, les changements climatiques sont une modification statistiquement significative, sur plusieurs années, de l'état moyen du climat (Précipitations, température, humidité relative, etc) sous l'effet combiné persistant des activités humaines et des processus naturels de forçages interne et externe au système climatique lui-même (Encarta, 2009).

Le changement climatique présente une double dimension que sont dimension temporelle et dimension spatiale. Dans ce travail, nous allons nous borner sur la dimension temporelle.

Le réchauffement climatique, également appelé réchauffement planétaire ou parfois global, est un phénomène d'augmentation des températures sur la plus grande partie des océans et de l'atmosphère terrestre. Il traduit une augmentation de la quantité de chaleur retenue à la surface terrestre. Il est mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies. Dans son acception commune, ce terme est appliqué à une tendance au réchauffement global observé depuis le début du XXe siècle.

II.3.1.2. Variabilité climatique

Un des éléments intégrateurs du changement global, l'expression « variabilité climatique » a été définie par plusieurs auteurs dont Brou (2005) et Bertrand (2012). Elle fait pressentir la mobilité ou la variation du schéma climatique moyen et d'autres statistiques (écarts standards, normales, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels.

La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques.

La variabilité climatique est la caractéristique inhérente au climat qui se manifeste par des changements et déviations dans le temps (IPCC, 2007). Ainsi la variabilité climatique est une modification naturelle du climat et donc indépendante des activités humaines.

Le climat étant défini comme étant la synthèse des phénomènes météorologiques observés sur l'ensemble d'une période statiquement longue pour pouvoir établir ses propriétés statistiques d'ensemble à savoir : valeurs moyennes, variances, probabilités des phénomènes extrêmes, etc. (Rodrigue 2008).

Dans ce travail, il s'agit de caractériser les cycles interannuels et les tendances du climat.

II.3.1.3. Système et tendances climatiques

Au sens général, une tendance se traduit par l'évolution probable d'un phénomène au cours d'une longue période. Dans l'approche du climat, c'est une forme d'inconstance des paramètres climatiques caractérisés par une baisse ou une hausse régulière et unidirectionnelle des valeurs moyennes des variables. Selon le Guide des pratiques climatiques de l'OMM (2005), cette variation tend à se maintenir dans un sens déterminé pendant de nombreuses périodes, allant de quelques années à plusieurs décennies.

D'après la Convention Cadre des Nations unies sur le Changement Climatique, le système climatique est un ensemble englobant l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère et la géosphère, ainsi que leur interaction.

II.3.1.4. Vulnérabilité climatique

Dans le contexte des changements climatiques, la vulnérabilité est définie comme le degré selon lequel un système est sensible ou incapable de faire face aux effets adverses des changements climatiques associés à la variabilité des paramètres climatiques et aux phénomènes climatiques extrêmes. La vulnérabilité d'un système dépend essentiellement de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat et des changements climatiques auxquels il est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. Elle dépend aussi bien des facteurs physiques que socio-économiques.

La littérature technique sur les catastrophes utilise le terme dans les sens de « degré de pertes (0 à 100) résultant d'un phénomène potentiellement néfaste (glossaire UNOCHA coordination des affaires humanitaires des Nations Unies) ».

En revanche, la littérature sur la pauvreté met l'accent sur les conditions sociales, économiques et politiques actuelles : mesure globale du bien être humain qui intègre l'exposition d'ordre environnemental, social, économique et politique à un éventail de Phénomènes néfastes (Bohle et *al.*, 1994).

Quant à Ogouwalé (2001) et Rodrigue 2008, ils recommandent une définition de la vulnérabilité presque exclusivement reliée au changement climatique : « la vulnérabilité est la magnitude ou le degré selon lequel un système naturel ou humain est susceptible d'être détérioré ou de subir des dommages sévères en raison des changements climatiques ».

La vulnérabilité est une fonction de la nature, de l'importance et du taux de variation climatique auxquels un système se trouve exposé ; de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

Elle peut être considérée comme une fonction des risques, des dangers, de l'exposition et des options et réponses d'adaptations. On peut ainsi distinguer :

- La vulnérabilité biophysique qui est focalisée sur les processus écologiques, l'exposition et la susceptibilité à des processus de changements environnementaux.

Elle se mesure avec des indicateurs du type : extension de la période de croissance, saison sèche/pluvieuse, risque d'inondation, etc.

- La vulnérabilité sociale qui est focalisée sur les déterminants politiques, socioéconomiques, culturels et institutionnels de la vulnérabilité.

Elle se mesure avec des indicateurs du type : éducation, revenus, pauvreté et autres données comme le capital social, la diversification des moyens d'existence, le foncier, etc.

Des différentes définitions sur la vulnérabilité, il ressort qu'il existe une relation entre vulnérabilité, risque et adaptation :

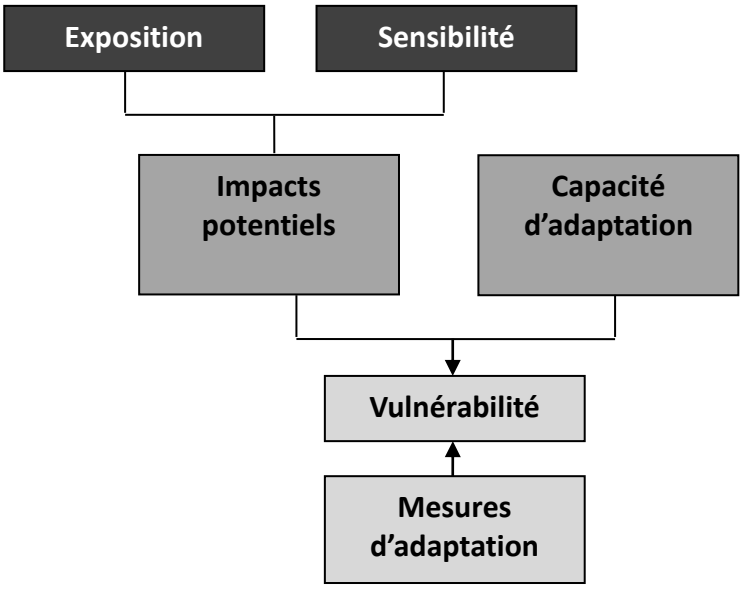
Vulnérabilité = Exposition+ Sensibilité-Capacité d'adaptation

Se référant à cette formule, il se dégage que les populations les plus vulnérables à ces changements climatiques sont surtout les populations pauvres PNUD, 2003, Rodrigue 2008.

Les études sectorielles de vulnérabilité et d'adaptation des secteurs socioéconomiques au Burundi ont montré des zones les plus sensibles aux sécheresses, inondations et érosion. Ces régions sont entre autres la plaine de l'Imbo à l'ouest et de la région de Bugesera au Nord.

Dans le contexte de cette étude, la **vulnérabilité agricole** désigne l'influence ou les effets directs ou indirects d'un climat modifié sur la physiologie des cultures, l'environnement cultural, les rendements ainsi que sur la magnitude de leur auto-ajustement.

Les impacts des effets directs ou indirects du climat modifié sont estimés à partir d'une analyse systémique en partant des relations entre l'évolution du climat et les rendements agricoles. L'évaluation de vulnérabilité analyse donc, l'écart qui existe entre les impacts des changements climatiques et l'adaptation à ces impacts.



Capacité d'adaptation : Capacité d'un système à s'adapter au changement climatique (notamment à la variabilité du climat et aux phénomènes extrêmes), afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des possibilités offertes, ou de faire face aux conséquences (GIEC, 4e rapport d'évaluation).

Résilience : la capacité à absorber un changement perturbant et à se réorganiser, tout en conservant la même identité (la même structure fondamentale et les mêmes modes de fonctionnement).

Adaptation : est un processus d'ajustement des systèmes naturels et humains à un stimulus climatique constaté ou anticipé, à ses effets et ses impacts. Il désigne un changement de procédures, de pratiques et de structures visant à limiter ou supprimer les dommages

potentiels ou à tirer bénéfice des opportunités créées par les changements climatiques. Il induit des ajustements afin de réduire la vulnérabilité au changement climatique de certaines communautés, régions ou activités/secteurs.

C'est dans ce contexte que l'on distingue plusieurs sortes d'adaptation :

Adaptation anticipative ou réactionnelle : Adaptation qui a lieu avant que les effets des changements climatiques soient observables. On parle aussi d'adaptation proactive.

Adaptation autonome : Adaptation qui ne constitue pas une réaction réfléchie aux stimuli climatiques, mais qui résulte de changements écologiques des systèmes.

Il y a aussi l'adaptation privée et publique et l'adaptation planifiée.

Elle peut se faire naturellement ou par une réaction spontanée (par exemple face à une catastrophe climatique) ou être anticipée dans le cadre d'une planification. Dans tous les cas, elle permet de réduire la vulnérabilité aux changements climatiques du secteur agricole.

Mal adaptation : il est défini par le GIEC comme étant un changement dans les systèmes naturels ou humains qui conduit à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire.

Capacité d'adaptation : ajustement d'un système face aux changements climatiques afin d'atténuer les effets potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences. **GIEC, 2001**

Mesure d'adaptation

Initiatives prises pour réduire la sensibilité et/ou augmenter la capacité d'adaptation des systèmes aux effets du changement climatique réel ou prévu.

Impact : toute modification quantitative, qualitative et fonctionnelle, positive ou négative, subie par tout ou partie d'un système (cible) à la suite d'un choc ou stress externe (d'origine anthropique, artificielle ou naturelle), et dont la magnitude dépend de la valeur et de la vulnérabilité du système cible » (GIEC, 2001). Littéralement, l'impact correspond souvent aux effets négatifs et aux dommages induits.

Selon Issa (2012), l'impact amène la cible à un état futur différent de ce qu'il aurait été dans sa tendance d'évolution « normale » (état de référence). Dans le contexte de cette étude, les variables bioclimatiques futures constituent « le choc ou stress externe » et les agro systèmes représentent « le système cible ». L'impact potentiel est l'un des éléments de la vulnérabilité.

II.3.1.5. Adaptation et atténuation

Nous devons agir dans deux principales directions :

- D'un côté, nous devons nous adapter aux effets du changement climatique (adaptation) ;
- De l'autre, nous devons intervenir sur ses causes (atténuation).

Adaptation	**Atténuation**
mesures d'adaptation se concentrent sur la gestion des **impacts** du changement climatique, en vue de réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains.	L'atténuation s'attaque aux **causes** du problème et vise la réduction de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Les mesures d'adaptation sont des ajustements aux effets actuels ou attendus du changement climatique, tandis que les mesures d'atténuation visent à modérer les effets du changement climatique en réduisant la concentration de gaz à effet de serre (GES).

II. 3.1.6. Types d'agriculture

Dupriez (2007), cité par Issa (2012) et Bertrand (2014), a clarifié synthétiquement la terminologie des types d'agriculture suivants :

L'agriculture de subsistance est celle qui vise à satisfaire exclusivement les besoins familiaux ;

L'agriculture de rente ou *commerciale* est celle qui fournit les produits commerciaux sur les marchés ;

L'agriculture d'exportation est une *agriculture de rente* dont les produits sont vendus principalement à l'étranger ;

L'agriculture traditionnelle est celle qui se fonde sur les coutumes ancestrales et les pratiques endogènes ;

L'agriculture moderne est celle qui, dégagée des traditions agricoles, utilise toute une gamme de facteurs de production issus de la recherche scientifique, de l'industrie et du commerce ;

L'agriculture pluviale est l'ensemble des pratiques agricoles nécessitant des précipitations. Ses performances dépendent en grande partie de la régularité et de la bonne répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace.

L'agriculture de décrue est particulièrement pratiquée dans les bassins versants, des vallées alluvionnaires, les bas-fonds, le long des berges.

II.3.1.7. Système de culture, agraire et de production agricole

Le concept se rapporte à la manière dont les agriculteurs gèrent leurs parcelles dans la durée, en observant certaines règles implicites ou explicites ; chaque système de culture se caractérise par la nature des cultures et leur ordre de succession, et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, y compris le choix des variétés et de bien d'autres pratiques (Mémento de l'agronome, 2002).

Le système de culture peut donc être défini dans le présent document comme, « l'ensemble des techniques de combinaison des espèces cultivées, tenant compte des conditions climatiques, en vue d'obtenir le maximum de rendement possible avec un minimum d'intrants».

L'ensemble des systèmes de culture d'un terroir, d'une localité ou d'une civilisation agraire constitue son agro système. Il existe ainsi deux systèmes culturaux de base : la polyculture et la monoculture.

Dans le cadre de cette étude, la pratique de la polyculture est dominante. Celle-ci existant sous diverses formes (cultures multiples, cultures associées, cultures en assolement, cultures étagées, etc.), est le système de base de l'agriculture traditionnelle familiale de subsistance notamment en Afrique subsaharienne dépendante de la demande (habitude alimentaire, besoins d'échanges) et des facteurs physiques (climat, sol et topographie) ; la polyculture est toujours une association d'une culture principale avec une ou des cultures complémentaires de façon concomitante ou dans une séquence pluriannuelle.

Systèmes agraire quant à lui est l'ensemble des facteurs qui déterminent les systèmes de production que mettent en place les agriculteurs dans un milieu. Il comprend : l'organisation sociale, de l'histoire, de l'environnement, des objectifs économiques et sociaux des agriculteurs. M. Mazoyer définit le système agraire comme « un mode d'exploitation du milieu, historiquement constitué et durable, adapté aux conditions bioclimatiques d'un espace donné, et répondant aux conditions et aux besoins sociaux du moment ».

Un système de production agricole est la représentation qui s'approche de la réalité sur la manière de penser et de décider des agriculteurs (FAO, 1997). Les systèmes de production font face à un enjeu majeur et intègrent la notion de durabilité des systèmes d'exploitation, pour le bien des générations futures. Si on considère l'agriculture comme un système, cela implique l'intégration des dimensions biologiques, physiques, ainsi que les aspects socio-économiques au niveau de l'exploitation agricole.

Deux grands types de critères généraux ont été utilisés : d'une part, les bases de ressources naturelles disponibles, le climat, la topographie, la taille des exploitations et le régime foncier; d'autre part, les modes de subsistance des ménages, les technologies, la gestion, l'organisation des exploitations (le foncier) et la préservation de la qualité de l'environnement.

II.3.2. Les transformations historiques du système agraire au Burundi

Avant la période coloniale, le système agraire burundais était caractérisé par la culture des céréales (éleusine, sorgho, maïs) et des légumineuses (haricots, vigna) associée à un élevage essentiellement bovin.

L'accumulation du capital était fondée sur celle du bétail (capital vif).

Dans l'agriculture précoloniale, la bananeraie n'occupait pas une place importante dans les systèmes de production. Elle était présente depuis longtemps dans les régions plus chaudes de l'Imbo et du Kumoso, peuplées depuis longtemps, avant que ne surviennent les épidémies de la fin du XIXe siècle.

L'agriculture burundaise a connu d'autres transformations grâce au savoir-faire des agriculteurs et à leur capacité d'innovation. Malgré l'absence quasi totale de moyens de production d'origine industrielle, il s'agit là d'une véritable intensification des systèmes de production qui a permis un accroissement continu de la production agricole.

La multiplication des cycles de culture sur une même parcelle et la diversification de ces cultures confèrent à l'agriculture burundaise une complexité déconcertante. L'immense majorité des champs cultivés comportent au même moment diverses cultures « associées » : plusieurs céréales (maïs, sorgho), plusieurs légumineuses (haricots, vigna, petits pois, etc.), la patate douce et le manioc, sans parler des touffes de bananiers, des plants de taro et des arbres disséminés çà et là. La culture associée permet d'augmenter le nombre de plantes cultivées par unité de surface et d'accroître la production (le rendement global, tous produits confondus) en limitant les phénomènes de concurrence entre espèces cultivées.

Au prix d'un accroissement du travail effectué et du capital incorporé au processus de production (semences, boutures, tuteurs, à défaut d'autres moyens de production), l'agriculteur parvient donc à augmenter la valeur ajoutée produite par are.

La succession continue des cultures (double ou triple culture par an) et l'association d'espèces dont le cycle varie de quelques mois à plusieurs années, conduisent à des associations de plus en plus complexes, au chevauchement et à l'imbrication des cycles de culture des différents éléments.

Si la culture associée n'est pas une technique nouvelle, sa généralisation à la quasi-totalité des parcelles cultivées et sa complexification sont caractéristiques de l'évolution récente de l'agriculture burundaise. Patate douce, colocase et manioc occupent désormais une place de choix dans les systèmes de culture. Cultivés seuls ou associés, la patate douce et le manioc permettent de valoriser les sols moins favorables ou déjà dégradés par de nombreuses années de mise en culture sans restitutions organiques ou apports minéraux. Ils aident donc à accroître (ou à maintenir) le rendement global de la parcelle.

A partir des années 2000, on observe une disparition progressive de certaines cultures qui étaient repandues dans presque tout le pays. Cela est dû aux maladies causées par le changement climatique. La maladie des bananes, du manioc et des colocases a marqué de grandes transformations au niveau des systèmes de cultures burundaise. La colocase ne se présente actuellement que dans certaines provinces du Burundi, tandis que les nouvelles variétés de manioc introduites a un cycle végétatif de moins d'une année, alors que l'ancienne variété avait un cycle végétatif de plus de deux ans. Cette nouvelle variété est moins productive et sa qualité nutritive n'est pas suffisante.

II.3.3. Les systèmes de production et les principales rotations entre l'Imbo et les Mirwa

S'agissant de l'état de l'occupation des sols, les résultats de l'étude sur le système d'alimentation bovine de 2016 montrent que les boisements occupent une position marginale à Rumonge (3%) contrairement à Rugombo (22%) et Mpanda (33%). Il en est de même de la jachère de la proportion varie de 3% à 10% (Rumonge). Les zones pâturées et fauchées varient de 10% à Rumonge et Mpanda à 17% à Rugombo et 18% à Gihanga. La superficie boisée et aussi fauchée presque à 100%.

La polyculture à dominante manioc est la base de la sécurité alimentaire dans cette région. Elle occupe l'essentiel des zones pluviales aussi bien dans les plaines et sur les contreforts. Le maïs associé au haricot ou ce dernier associé au soja participent aussi à la sécurité alimentaire et surtout au confort nutritionnel (soja).

On retrouve en moyenne altitude d'une bananeraie associée à des cultures saisonnières et même pérennes comme le palmier, le caféier et des arbres agro-forestiers comme le Grevillea et fruitiers (manguiers, avocatiers).

Les polycultures à base de manioc et banane représentent 38% de la superficie, la riziculture 8% et le palmier 20%. Le palmier est surtout concentré à Rumonge. Dans l'Imbo centre, il est dispersé dans l'exploitation dans la partie basse et moyenne des Mirwa. La double riziculture dans les zones constamment inondables fait partie de la tradition surtout dans l'Imbo Nord et se développe de plus en plus dans l'Imbo centre. On observe que la rotation riz/légumes surtout la tomate côtoie la double riziculture dans les aires les mieux pourvues en eau. Dans les parties les moins arrosées, c'est surtout la patate douce qui succède au riz.

L'Imbo a bénéficié de vastes programmes d'irrigation : en plus des périmètres Nyakagunda et Nyamagana en commune Rugombo qui datent de la colonisation et qui ont l'originalité d'alimenter en eau les rizières et les autres cultures, l'Imbo centre (Mpanda, Mutimbuzi, Gihanga) porte la marque de grands périmètres irrigués (Mugerero, Est Mpanda, Gifurwe) et même des rizières hors périmètres. Les rotations les plus importantes sont : Riz/patate douce, riz/légumes (tomate ou aubergine, riz/riz, Riz/maïs associé au haricot et arachide. Même si des plantations de palmier se développement de plus en plus dans l'Imbo surtout dans les communes proches de la capitale, Rumonge porte la marque des plantations de palmier mis en place par la Société Régionale de Développement de Rumonge au cours de la décennie 1980.

Les agriculteurs des périmètres irrigués se disputent souvent l'eau avec les rizières hors périmètres.

L'intensification de la production peut être accélérée en valorisant au maximum la biomasse des terres labourables, des pâturages, des boisements et des bas-fonds c'est-à-dire les marais et les plaine surtout celle le long des eaux réputées abondantes riches et préservées de la lignification même en saison sèche. L'association banane-autres fruits (brunes du japon) et sa rénovation est la base de l'intensification en dehors des plaines frappées par la punaise du bananier et la BXW.

L'exploitation de là sous bananeraie par les cordes de patate douce, l'association, l'introduction des graminées et surtout des légumineuses fourragères en association (manioc, café, banane…) ou en rotation avec d'autres cultures participe aussi à l'accélération de l'intensification. La paille de riz mérite aussi d'être récupérer pour pailler la bananeraie et la caféière.

Les cours d'eau qui drainent les plaines de l'Imbo et du Moso sont la fondation de l'intensification par l'eau qui lève le déficit hydrique dans ses zones « semi-arides » et autorisent la double culture, les alluvions qui participent à l'accroissement de la fertilité et l'humidité qui entretient une végétation verte le long de ces cours d'eau.

Les zones naturellement favorisées offrent aussi des résidus riches comme les fanes d'arachide qui semblent peu valorisées. La biomasse abondante des plaines est une opportunité pour la haute altitude avec une végétation naturelle généralement pauvre. La bouse des élevages péri-urbains de plus en plus remontée vers la moyenne et la haute altitude mérite d'être substituée par le foin. Le transfert de la biomasse vers la haute altitude accéléra la régénération des terres dégradées à Eragrostis. La remontée du foin des plaines vers les hauteurs est une bonne prévention contre les conflits consécutifs à la transhumance.

Le travail agricole est handicapé aussi par un équipement à faible productivité que ce soit pour le matériel aratoire (labour, sarclage, récolte...), de fauchage, transport et hachage.

II.3.4. Les systèmes de cultures dans la commune de Gihanga

La commune de Gihanga possède une partie constituée par le périmètre irrigué de Mugerero et une autre partie non irriguée où on pratique l'agriculture pluviale.

Les principales rotations de cultures sont constituées en grande partie par mais-haricot-soja-patate douce dans la partie non irriguée et riz/culture maraichère ou vivrière dans la partie irriguée.

CHAPITRE III. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Ce chapitre se borne sur la méthodologie utilisée pour la réalisation de ce travail. La démarche méthodologique que l'on a suivie se résume comme suit : description de la zone d'étude et échantillonnage, revue documentaire, collecte de données et d'informations, traitement et analyse des données, définition des variables, cadre conceptuel, cadre analytique et spécification du modèle.

III.1. Description de la zone d'étude

Pour mener à bon port cette étude, il a été intéressant de donner succinctement quelques éléments décrivant la zone d'étude.

III.1.1. Présentation de la commune Gihanga

Dans ce point nous allons montrer la localiastion et le découpage admistratif de la commune Gihanga, ses caractéristiques physiques et climatiques ainsi que la situation démographique de cette commune.

III.1.1.1. Localisation et découpage administratif de la commune Gihanga

La commune Gihanga occupe la partie sud-ouest de la province Bubanza. Elle est délimitée au Nord par les communes de Bubanza et Buganda (province Cibitoke), à l'Est par la commune Mpanda, au Sud par la commune Mutimbuzi (Province Bujumbura) et à l'Ouest par la République Démocratique du Congo (RDC).

La commune Gihanga compte 2 zones et 14 collines administratives. La zone de Buringa est composée de cinq colline (Buringa, Bwiza bwa Ninga, Ninga, Nyeshenza) et la zone Gihanga compte neuf collines (Buramata, Gihanga, Gihungwe, Kagwema, Kizina, Murira, Ndava Busongo, Rugunga et Rumotomoto).

III.1.1.2. Caractéristiques physiques et climatiques de la commune Gihanga

Selon le PCDC (2013), la commune Gihanga couvre une superficie de 287,32 km² avec 4000 ha de la réserve naturelle de la Rusizi et 1550 ha de marais. Elle s'étend sur la partie centrale de la région naturelle de l'Imbo située dans le fossé naturel du lac Tanganika. Elle présente un relief de plaine peu uniforme et à pentes très faibles et est constituée par un paysage ondulé par l'alternance de plusieurs niveaux de terrasses et de zones déprimées adossées à l'Est et des piémonts de transitions colluviaux au Nord avec des altitudes inférieures à 1.000 m.

Les sols sont composés de matériaux faits d'anciens sédiments lacustres (sables argileux, lits de graviers et des argiles grisâtres) couvertes d'alluvions fluviales récentes. Ils sont bien drainés sur les niveaux des hautes terrasses et hydromorphes dans les dépressions.

Les types de sols les plus dominants sont les vertisols (argile noire), les kaolisols et les podzols non hydromorphes selon la position topographique. Leur fertilité moyenne est parfois réduite sous l'effet de la salinité qui provient des affleurements volcaniques du cours amont de la rivière Rusizi.

La commune connaît un climat tropical sec avec une saison sèche marquée (de 4 à 6 mois), des précipitations moins importantes (700 à 900 mm/an) et des températures moyennes les plus élevées du pays (variant de 25°C à 28°C).

La plaine de l'Imbo connaît en effet des variations climatiques liées aux perturbations de la circulation des masses d'airs des alizés par les phénomènes de Foehn (vent chaud et sec par subsidence de l'air sur les versants ouest de la crête Congo-Nil soumise à un flux d'air plus humide) ainsi que l'effet des brises diurnes ou nocturnes liées au lac Tanganika. La conséquence de ces perturbations est l'amplification des chaleurs journalières et la fréquence des précipitations nocturnes.

Ainsi, la station météorologique de l'Imbo enregistre les températures maximales les plus chaudes du pays, la plus grande fréquence des pluies nocturnes et les précipitations journalières les plus élevées du pays (137 mm/24 heures). En effet, la subsidence de l'air se traduit par des chaleurs plus importantes le jour et une ascendance des masses d'air sur le lac la nuit, provoquant des pluies de convergence thermique. Plus de 77 % des précipitations se concentrent entre les mois de novembre et d'avril tandis qu'entre mi-décembre et mi-février, les pluies diminuent pouvant être interrompues pendant quelques semaines (ayant une origine liée à la circulation atmosphérique avec des alizés boréal ou austral).

Les ressources hydriques de la commune sont constituées par les eaux profondes mobilisables par forage (mal connues en termes de volume mais avec une salinité supérieure à 0,5 g) et les eaux superficielles apportées par les rivières et cours d'eau dont les plus importantes sont la Rusizi avec un débit moyen de 54 m^3 /seconde, la Mpanda avec un débit moyen de 6 m^3 /seconde ainsi que d'autres (qui prennent source dans la crête congo-Nil comme la Mpanda) dont notamment la Kajeke, la Mudubugu et la Ninga. Les eaux de la Rusizi (exutoire du lac Kivu et principal affluant du lac Tanganika) sont salées et difficilement mobilisables pour l'irrigation des cultures et les adductions d'eau potable. Les autres sources sont facilement

valorisables comme les eaux de la Mpanda actuellement utilisées pour l'irrigation des cultures surtout dans les périmètres rizicoles de Mugerero et de Rukaramu.

La faiblesse de la pente de la basse plaine est régulièrement causée de formation de marécages, de débordements et de dégâts causés aux cultures et aux infrastructures et ouvrages de la commune.

La végétation est de type savane herbeuse parsemée d'épineux et entrecoupée de galeries forestières avec la présence de la réserve naturelle de la Rusizi dominée par 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 (entre la rivière et la Route Nationale n°5). Ailleurs c'est la steppe à *Bulbine abyssinica* dans la réserve naturelle. A l'exception de l'élevage bovin qui est pratiquée (station zootechnique de recherche de l'ISABU et des fermes privées) la faune sauvage y est très rare. On note cependant la présence de quelques hippopotames protégés dans la partie aval de la rivière Rusizi.

III.1.1.3. La situation démographique de la commune Gihanga

La population de Gihanga envoisine 26,07% de celle de la province et est estimée à 54.187, 55.889 et 59.780 habitants respectivement pour les années 2007, 2008 et 2010 (soit une croissance annuelle de 2,67%). Elle est estimée à 70.680 en 2019. Cette population, essentiellement répartie en habitat groupé dans les villages et d'autres dans les anciens paysannats, est constituée par 52% d'hommes et 48 % de femmes et est très jeune (la tranche de 0 à 35 ans représente environ de 75% des effectifs totaux). Les densités démographiques estimées atteignent 189 hab. /km² en 2007, 195 hab. /Km^2 en 2008, 208 hab. / Km^2 en 2010 et 260 hab. / Km^2 en 2019. Ces densités restent inférieures à la moyenne de la province et à la moyenne nationale (422 hab. / $Km^{2)}$.

Elles traduisent cependant une progression démographique à la hausse et une évolution vers la surexploitation des terres. En effet, 96% de la population vit de l'agriculture et de l'élevage avec des systèmes de production peu adaptés. Les emplois non agricoles (publiques, parapublics et privés) occupent moins de 5% des personnes actives.

III.2. Population cible

Pendant la phase de travail de terrain, la population cible concernait les agriculteurs et en particulier les plus âgés (plus de 35ans de naissance).

Des entretiens approfondis avec les personnes les plus âgées ont été effectués. Notre objectif était de tenter, à l'aide de ces entretiens, d'identifier un ensemble de faits concrets, relatifs aux activités agricoles et aux dynamiques du climat. Cela nous a permis de réfléchir sur les liens pouvant exister entre ces différents éléments.

Certains agriculteurs sont regroupés dans les coopératives contrôlées par la SRDI. Ce sont eux qui pratiquent les activités agricoles dans le périmètre irrigué de Mugerero. Les autres sont encadrés par la commune.

III.3. Procédure d'échantillonnage et taille de l'échantillon

Plusieurs formules sont d'usage lors du calcul de l'échantillon. Pour notre étude, la taille de l'échantillon a été déterminée en se basant sur la formule de Bourbonnais.

n= $\frac{N}{1+(NXe^2)}$ où : n= la taille de l'échantillon N = la taille de la population ;

e= le niveau de précision, soit 10%

La population de Gihanga de 0 à 35 ans est estimée à 75% et la population totale est de 70.670 en 2019 (estimé à partir des données du RGPH 2008). Donc la population de plus de 35 ans est estimée à 17. 670 habitants.

Selon la formule de calcul de l'échantillon, nous avons trouvé 99 enquêtés pour les deux zones de la commune Gihanga.

III.4. Sources des données utilisées

Chaque étude économétrique est fondée sur une analyse théorique et sur l'utilisation d'une base des données statistiques. Cette base est le plus souvent une enquête ou un fichier administratif contenant l'observation d'un ensemble de variables pour une population donnée. Pour notre étude, les données primaires que nous avons utilisées sont recueillies auprès des agriculteurs de deux zones de la commune Gihanga (zone Buringa et zone Gihanga) et sont basées sur des activités de productions agricole ainsi que la perception du changement climatique et ses impacts sur la productivité des systèmes de cultures sans oublier les techniques d'adaptation développées par la population de la zone d'étude. Ces données primaires ont été collectées à l'aide de questionnaires structurés et administrés aux agriculteurs. Les données collectées vont nous aider à tester une partie de la première hypothèse et la troisième hypothèse.

Autres informations complémentaires tels que le nombre de ménages d'agriculteurs dans chaque zone et autres ont été collectées auprès de l'administration communale de Gihaga et de l'agronome communal. Les données d'enquête ont été complétées par les observations sur terrain.

Les données secondaires qui nous ont aidés à tester une partie de la première hypothèse et la deuxième ont été recueillies dans des différentes institutions dont l'ISTEEBU, IGEBU, MINEAGRIE et au niveau de la commune. À l'aide des différents modèles, l'analyse de ces données primaires et secondaires nous ont permis de mieux tester les hypothèses que nous nous sommes fixées.

III.5. Vérification des hypothèses

Pour mener à bon ce travail, nous avons opté à la présentation de comment nous avons procédé pour la vérification des hypothèses.

III.5.1. Vérification de la première hypothèse

La première hypothèse concerne la connaissance des indicateurs de la dynamique climatique en commune Gihanga. Elle a été vérifiée sur base de la démarche d'analyse de la variabilité et du changement climatique consistant à :

i. déterminer les paramètres de base et les statistiques descriptives ;

ii. identifier les indicateurs de changements climatiques.

III.5.1.1. Paramètres de tendance centrale et de dispersion

La moyenne arithmétique est utilisée pour étudier les régimes pluviométriques. C'est le paramètre fondamental de tendance centrale, représenté ici par la « normale », moyenne calculée sur une série de trente ans retenue dans le cadre de cette étude. Nous avons considéré deux périodes, une allant de 1990 à 2003, l'autre de 2004 à 2019. Chaque tranche d'âge est de 15 ans.

Elle s'exprime de la façon suivante $\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} x_i$ et va permettre de caractériser l'état climatique moyen et de calculer les indices de dispersion les plus significatifs.

L'écart-type va permettre d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne. Il se détermine par le calcul de la racine carrée de la variance. L'écart-type est par excellence l'indicateur de la variabilité climatique.

III.5.1.2. Identification des indicateurs de changements climatiques

Un indicateur est une sorte de résumé d'informations complexes grâce auquel on va pouvoir mesurer une situation ou une tendance, de façon relativement objective, dans l'espace et à un instant donné. Les indicateurs climatiques dans cette étude sont des mesures récapitulatives du statut de certains paramètres climatiques qui prennent en compte le début et la fin d'une période, d'une séquence de la période, etc. Ils sont informatifs et parfois descriptifs et renseignent sur le signal en termes de situation moyenne, d'anomalie positive ou négative (Ogouwalé, 2006 et Sultan, 2010).

Sur cette base, afin d'identifier les signes avant-coureurs d'un changement climatique dans la région d'étude, les statistiques climatologiques des normales (1990-2003) et (2004-2019) sont analysées et comparées. Ces échelles sont retenues dans le but d'appréhender leur influence sur l'agriculture, par la détermination des écarts moyens des précipitations entre les deux normales retenues. Les données générées aux différentes échelles seront traduites en valeurs relatives suivant la formule I = (100*E) /X1, avec :

- I comme indicateur de changement ou d'évolution ;
- E est égal à l'Ecart entre la moyenne (X2) de la normale (2004-2019) et la moyenne (X1) de la normale (1990-2003) des hauteurs pluviométriques.

Pour les températures, les indicateurs du réchauffement ou non sont fondés sur le calcul des écarts (en °C) entre les deux normales thermométriques sur les mêmes échelles temporelles.

Les indicateurs indirects et qualitatifs du changement climatique ont complété ceux quantitatifs. Il s'agit pour l'essentiel des indicateurs socio- anthropologiques, qui ont été obtenus via les informations fournies par les populations enquêtées, des perceptions paysannes (faits témoins) sur la dynamique du climat et des écosystèmes naturels (disparition ou apparition des espèces animales ou végétales, impossibilité de pratiquer les cultures pour des raisons liées aux conséquences de la variabilité du climat, présence des événements extrêmes).

III.5.2. Vérification de la deuxième hypothèse

L'un des objectifs de cette étude est d'analyser une relation statistiquement significative existant entre la production des systèmes cultures vivrières et les facteurs de production tels que la superficie emblavée, la pluviométrie, la température, taux d'humidité et le nombre de jours de pluie en commune Gihanga.

On va déterminer le volume de production pour chaque culture vivrière (mais, manioc, haricot, le riz et patate douce).

Pour faire notre analyse de la relation dynamique de court et de long terme existant entre le niveau de production et les variables jugées explicatives, nous avons d'abord analyser la stationnarité. Les séries à retenir ont concerné cinq variables saisonnières qui ont été sélectionnées en fonction de leurs caractéristiques sur une période allant de 1990 à 2019.

Les données qui seront utilisées dans cette analyse sont des séries du niveau de production des cultures (mais, le riz, haricot, manioc et patate douce), superficie exploitée pour chaque culture, de la pluviométrie, la température, le taux d'humidité, le nombre de jours de pluie. Ces données ont été obtenues auprès l'ISTEEBU dans la base de donnée de l'ENAB, de l'IGEBU et du MEAE.

Pour tester s'il existe une relation statistiquement significative entre ces 5 variables à court terme qu'à long terme, il faut tenir compte des propriétés des séries de variables prises en compte et déterminer si ces chroniques sont stationnaires ou non. Dans le cas où les séries ne seraient pas stationnaires, il est nécessaire de déterminer leur ordre d'intégrité. Un même ordre d'intégrité peut être synonyme de cointégration.

Nous avons utilisé le test de Phillips Perron qui est un test construit sur une correction non paramétrique des statistiques de Dickey-Fuller pour prendre en compte les erreurs hétéroscedastiques. Ce test nous permet de savoir à quel ordre ces variables sont intégrées.

a) Tests de Dickey-Fuller Augmenté

Les tests de Dickey-Fuller augmentés (ADF, 1981) prennent en compte l'hypothèse que le processus ε_t est un bruit blanc alors qu'il n'y a aucune raison que l'erreur soit corrélée à priori. Le modèle [1] s'écrit alors:

$(1-\varphi)X_t = Z_t$ où Z_t est un processus autorégressif d'ordre p-1

$Z_t = \sum_{i=1}^{p-1} \varphi_i Z_{t-1} + \varepsilon_t$. On déduit par récurrence l'écriture de l'AR(p)

$$\Delta X_t = \rho X_{t-1} - \sum_{j=2}^{p} \varphi_j \Delta X_{t-j+1} + \varepsilon_t \qquad \text{où } \rho = (\varphi - 1)(1 - \varphi_1 - \ldots\ldots - \varphi_{p-1})$$

Pour tester la présence de racine unitaire, nous allons tester la significativité du coefficient ρ qui vient devant X_{t-1} comme pour le test de Dickey-Fuller simple.

$H_O : \rho = (\varphi - 1)(1 - \varphi_1 - \ldots\ldots - \varphi_{p-1}) = 0 \Longleftrightarrow \varphi = 1$

Les hypothèses de Dickey-Fuller augmenté sont :

- $H_O : \varphi = 1$ Le processus est non stationnaire
- $H_1 : |\varphi| < 1$ Le processus est stationnaire

Si la valeur de la statistique ADF (Augmented Dickey-Fuller) est inférieure à la valeur de CV (valeur critique), on accepte l'hypothèse de stationnarité de la série. Dans le cas contraire on accepte l'hypothèse de non stationnarité de la série.

b) Test de cointégration de Johansen

Pour que la relation de cointégration soit acceptée, le residu e_t doit être stationnaire. Johansen (1988) propose des estimateurs du maximum de vraisemblance pour tester la cointégration des séries. Ce test est utilisé pour des séries de même ordre d'intégration ou d'ordres d'intégration différents. On compare le ratio de vraisemblance à la valeur critique pour les hypothèses :

H_O : non cointégration

H_1 : cointégration

Si le rang de cointégration est égal à zéro, on rejette l'hypothèse de cointégration et si le rang de cointégration est supérieur ou égal à un, on accepte l'hypothèse de cointégration.

Les séries présentant un ordre d'intégration différent nous permettent de conclure qu'elles ne sont pas intégrées et lorsqu'elles présentent un même ordre I(0), nous procédons à l'évaluation de la dynamique de la relation au moyen de modèles autorégressifs à retards échelonnés (ARE).

c) Les tests de Philips et Perron

Les tests de Philips et Perron ont le mérite de prendre en compte les erreurs hétéroscédastiques. Ils se déroulent en deux étapes :

-La première étape consiste à estimer par les moindres carrées les trois modèles des tests des Dickey-Fuller et à calculer les statistiques associées.

-La seconde étape, quant à elle, consiste à estimer un facteur correctif de telle sorte que les transformations réalisées conduisent à des distributions identiques à celle de Dickey-Fuller standard.

Le logiciel Eviews permet l'utilisation automatique des tests de Dickey-Fuller et celui de Philips et Perron.

La conclusion sur la stationnarité ou la non stationnarité d'une série chronologique est basée sur la comparaison de la valeur calculée PP et la valeur critique au seuil de signification (5% pour notre cas).

-Si la statistique DFou PP est inférieure à la valeur critique au seuil choisi, on rejette l'hypothèse nulle selon laquelle la série concernée est non stationnaire. Elle est donc stationnaire en niveau ou intégrée d'ordre 0, I (0).

-Si la statistique ADF ou PP est supérieure à la valeur critique au seuil choisi, on accepte l'hypothèse nulle. La série comporte au moins une racine unitaire et par conséquent elle est stationnaire en niveau. La transformation de la série en différence première puis en différence seconde s'avère nécessaire. A chaque transformation, on applique les tests de stationnarité haut mentionnés jusqu'à déterminer l'ordre d'intégration adéquat.

Cependant, vu la pertinence du Test de Philips et Perron, le test de stationnarité utilisé dans le présent travail est celui de ces deux auteurs.

Si les tests révèlent que les séries des variables superficie, pluviométrie, température, taux d'humidité et le nombre de jours de pluie sont cointégrées, nous portons notre attention sur le modèle à correction d'erreur, sous la forme d'un modèle vectoriel à correction d'erreur et examinons la dynamique à court terme, la vitesse d'ajustement et la direction de la causalité de Granger à court ou à long terme, selon les principes de Granger (1969, 1988).

Modèle à correction d'erreur (MCE)

Le modèle à correction d'erreur MCE exprime à la fois la relation de long et de court terme et s'écrit de façon générale comme suit :

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta X_{1t} + \beta_2 \Delta X_{2t} + \beta_3 \Delta X_{3t} + \beta_4 Y_{t-1} + \beta_5 X_{1t-1} + \beta_6 X_{2t-1} + \beta_7 X_{3t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

En posant : $Z_{t-1} = Y_{t-1} - \beta_0 - \beta_5 X_{1t-1} - \beta_6 X_{2t-1} - \beta_7 X_{3t-1}$ **(2)** l'écart d'estimation retardé d'une saison, l'équation du MCE devient :

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta X_{1t} + \beta_2 \Delta X_{2t} + \beta_3 \Delta X_{3t} + \beta_4 Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad \textbf{(3)}$$

Estimation de l'écart Z_t à partir l'équation de base :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad \textbf{(4)}$$ on estime

$$Z_t = Y_t - \hat{b}_0 - \hat{b}_1 X_{1t} - \hat{b}_2 X_{2t} - \hat{b}_3 X_{3t} \quad \textbf{(5)}$$

Les coefficients $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ représentent la dynamique de court terme (ici ils sont aussi des élasticités de court terme) et les coefficients $\beta_5, \beta_6, \beta_7$ caractérisent l'équilibre de long terme. Le coefficient β_4 est celui de la correction d'erreur, il doit être négatif et inférieur à l'unité.

III.5.3. Vérification de la troisième hypothèse

La troisième hypothèse stipule que les agriculteurs de Gihanga ne mettent pas en place des techniques d'adaptation au changement climatique. La vérification de cette hypothèse a été faite suivant la méthode qualitative. A partir de résultats de l'enquête et des entretiens faits auprès des agriculteurs de Gihanga et d'autres personnes détentrices des informations pertinentes, des techniques d'adaptation mises en place par la population locale ont été relevées.

III.6. Présentation des variables et spécification des modèles

III.6.1. Les variables de l'étude

Notre étude consiste à estimer le volume de la production des cultures vivrières (exprimé en tonnes) dans la commune Gihanga de l'Imbo centre, l'estimation étant faite en fonction d'un certain nombre de variables à savoir :

- La superficie emblavée : exprimée en hectare ;
- Les précipitations : représentent le totale annuelle de pluie en millimètre ;
- La température maximale : représentent les températures moyennes annuelles maximales en °C ;
- La température minimale : représente la température minimale annuelle en °C ;
- L'humidité : exprimée en % ;
- Le nombre de jours de pluie.

A. La superficie

La terre agricole est un facteur rare, la première contrainte que rencontre l'agriculture Burundaise et qui limite son volume de production est liée à la faible proportion des terres arables (agricole).

Les terres utilisées par l'agriculture comprennent :

- Les terres labourables soumises à un assolement ;
- Les cultures pérennes ou permanentes qui comportent les plantations les palmiers à huile.

La rareté relative des terres agricoles peut être évaluée et appréciée également par rapport à la surface totale du territoire et aussi par rapports aux besoins croissants de la population en produits agricoles et en matière d'emploi de la main d'œuvre.

De même le climat exerce une influence sur la formation des sols grâce à l'action de l'eau de pluie et de la température sur la roche mère et aussi sur les débris des végétaux qui en se décomposant se transforment en humus matière organique indispensable à la fertilité du sol.

B. L'humidité

En agriculture, l'humidité a un impact sur les terres agricoles puisqu'elle détermine la disponibilité en eau et en air du sol, deux éléments essentiels à la production végétale.

Si l'humidité de l'air est insuffisante, la transpiration du végétal est élevée et ses besoins en eau augmentent. Cette faible humidité de l'air peut être amplifiée par des vents chauds desséchants pouvant provoquer des brûlures sur le feuillage.

C. Les précipitations :

Le climat du Burundi est tropical humide influencé par l'altitude qui varie entre 773 m et 2670 m. Il est caractérisé par une alternance de la saison pluvieuse qui s'étend généralement du mois d'Octobre à Mai et de la saison sèche qui va de Juin à Septembre. D'une manière générale, les précipitations augmentent avec l'altitude. Les minimas sont de l'ordre de 500 mm et s'observent dans la plaine de la Rusizi, alors que les maximas atteignent 2200 mm dans les régions de hautes altitudes. La pluviométrie moyenne pour le Burundi est de 1274 mm de pluie. C'est au cours du mois d'avril qu'on observe le plus grand nombre de jours de pluie (16 à 26) (Sinarinzi, 2005).

La plaine de l'Imbo représente 7% de la superficie totale du pays. Elle est située à une altitude de 800 – 1100 m et reçoit une pluviométrie entre 800-1100mm. Cette région connait des variabilités climatiques ce qui handicape la production et la productivité des systèmes de culture.

D. Les températures

Au Burundi, la température moyenne annuelle de l'air diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente. La moyenne annuelle la plus élevée est de 24,1°C (plaine de l'Imbo) tandis que la plus faible est de 15,6°C (Rwegura). Les moyennes mensuelles des températures maximales sont les plus élevées en fin de saison sèche (Septembre-Octobre) alors que les moyennes mensuelles des températures minimales sont les plus faibles pendant la saison sèche.

Les systèmes de culture dans la plaine de l'Imbo sont considérés comme des cultures à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C ; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter aux environs de 38 à 40°C.

E. Le nombre de jours de pluie

Le nombre de jours de pluie d'une année détermine la longueur des saisons pluvieuses. Les cultures donnent de bons rendements lorsqu'elles reçoivent la pluie suffisante. Le nombre de jour de pluie constitue un facteur limitant de la production agricole.

III.6.2. Spécification des modèles

Spécification du modèle de cointégration

Pour tester notre hypothèse qui étudie la relation statistiquement significative entre les variables superficie, la pluviométrie, le nombre de jours de pluie, la température, l'humidité et le volume de production du maïs, du manioc, du haricot et des patates douces à court terme qu'à long terme, nous avons utilisé le modèle à correction d'erreur.

Pour bien spécifier correctement ce modèle, nous avons tenu compte des propriétés des séries et déterminer si les chroniques sont stationnaires ou non à l'aide des tests de Phillips et Perron. Ayant vérifié que toutes les chroniques sont intégrées du même ordre, nous passons à la détermination des relations de cointéqration existantes entre les variables retenues.

S'il en résulte que les séries sont stationnaires et cointégrées, ces considérations nous ont conduits à appliquer un Modèle à Correction d'Erreur (MCE) afin d'exprimer à la fois la relation de long et court termes. Ce modèle s'écrit de la manière suivante :

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta X_{1t} + \beta_2 \Delta X_{2t} + \beta_3 \Delta X_{3t} + \beta_4 Y_{t-1} + \beta_5 X_{1t-1} + \beta_6 X_{2t-1} + \beta_7 X_{3t-1} + \varepsilon_t$$

En remplaçant avec nos propres variables, le modèle devient :

$$\Delta \mathrm{Prod}_t = {}_0\beta_1 \Delta SUP_t + \beta_2 \Delta PLUV_t + \beta_3 \Delta TEMP_t + \beta_4 \mathrm{Prod}_{t-1} + \beta_5 SUP_{t-1} + \beta_6 PLUV_{t-1} + \beta_7 TEMP_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Où :

- $\Delta \mathrm{Prod}_t$: Variation du niveau de production de la culture au temps t
- ΔSUP_t : Variation de la superficie cultivée au temps t
- $\Delta PLUV_t$: Variation de la pluviométrie au temps t
- $\Delta TEMP_t$: Variation de température moyenne annuelle au temps t
- Prod_{t-1} : Production retardée d'une année
- SUP_{t-1} : La superficie exploitée retardée d'une année
- $Pluv_{t-1}$: Les pluviométries retardées d'une année
- $TEMP_{t-1}$: La température moyenne annuelle retardée d'une année
- ε_t : Le bruit blanc
- Les coefficients $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ représentent la dynamique de court terme les coefficients $\beta_5, \beta_6, \beta_7$ caractérisent l'équilibre de long terme et
- Le coefficient β_4 est celui de la correction d'erreur ou la force de rappel, il doit être négatif et inférieur à l'unité.

CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats trouvés relatifs aux différents éléments susceptibles de montrer l'évolution du climat dans la zone d'étude. Nous allons aussi montrer les impacts du changement climatique sur la production des cultures vivrières dans la commune Gihanga et en fin les mesures et les techniques d'adaptation mise en place par la population locale pour faire face au changement climatique.

IV.1. Analyse des tendances climatiques et Perceptions paysannes de l'évolution du climat à Gihanga

Les changements climatiques peuvent être considérés comme une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies) (Ogouwalé, 2006 cité par Rodrigue 2008). Les facteurs du climat qui sont considérés dans la détermination des indicateurs du changement climatique sont les précipitations (hauteurs et nombre de jours de pluies), les températures maximales et minimale ainsi que l'humidité relative. Pour les données thermométriques et pluviométriques, celles de la station synoptique de Bujumbura-aéroport sont valables pour la commune de Gihanga.

IV.1.1. Analyse des tendances pluviométriques dans la commune de Gihanga

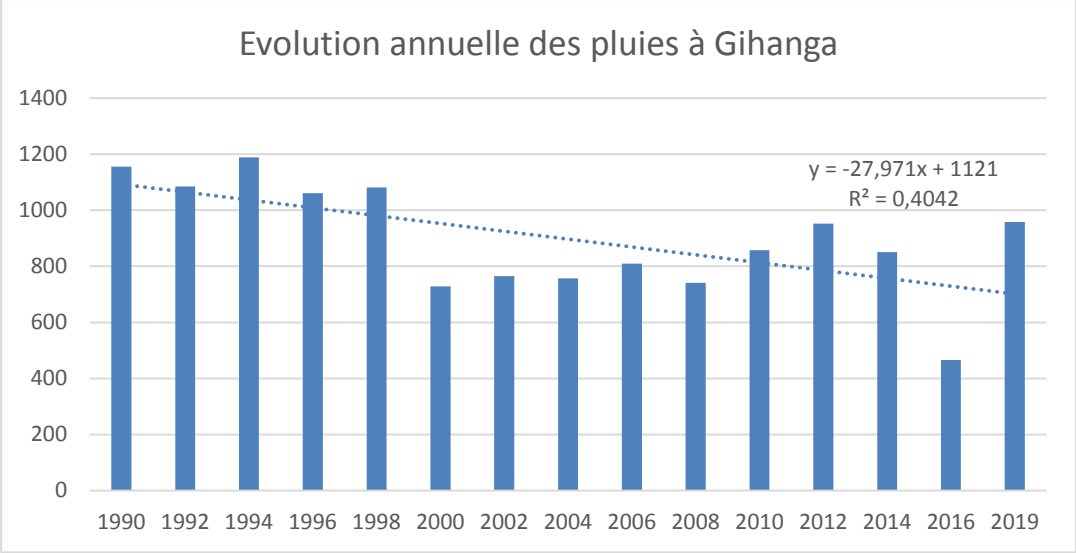
L'intérêt de l'étude des paramètres pluviométriques est la comparaison des résultats théoriques aux perceptions des populations locales.

La moyenne des précipitations de la région d'étude pour la première quinzaine (1990-2003) est de 86,9mm tandis que celle de la deuxième quinzaine est de 69,47mm. Cela montre que la moyenne des précipitations a varié au cours des trente dernières années. Il y a eu une diminution des précipitations au cours de cette période.

Le calcul de l'écart type nous a permis de caractériser la dispersion des précipitations au tour de la moyenne pour chaque période de 15ans considérée. Il est de 15,2 pour la première période et de 11,4 pour la deuxième période. Dans tous les cas, l'écart-type n'étant proche de zéro, cela signifie que les précipitations sont dispersées au tour de la moyenne. Elle est plus dispersée pour la première période.

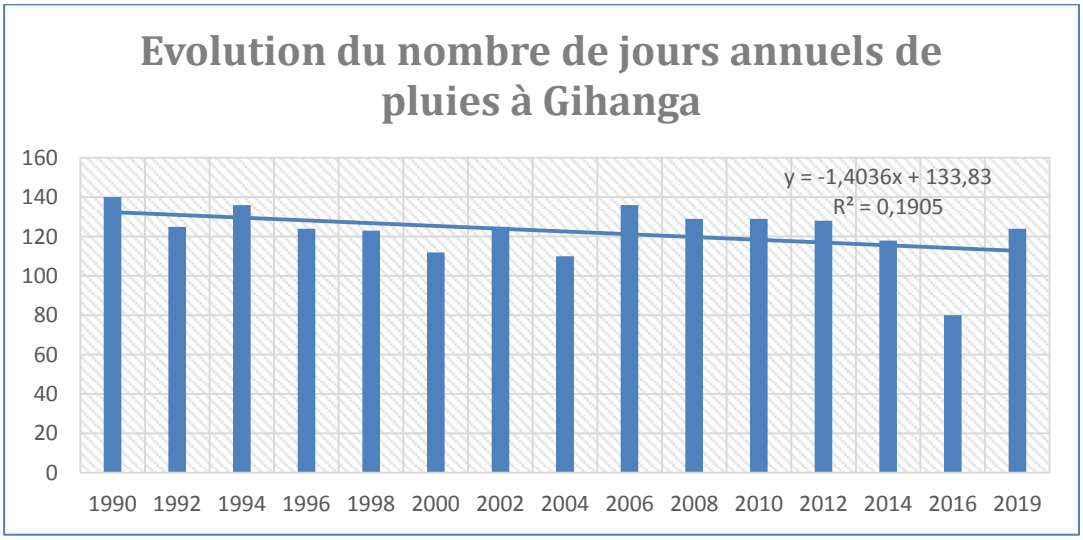
Dans le but de mieux examiner la tendance d'évolution des données théoriques des trente (30) dernières années, des graphiques montrant l'évolution des hauteurs pluviométriques et du nombre de jours de pluies au cours de l'année ont été représentés. Les graphiques N°2 et N°3 montrent respectivement l'évolution des hauteurs de pluies annuelles et des nombres de jours annuels de pluies au cours des trente dernières années.

Graphique 2: Evolution des hauteurs pluviométriques annuelles dans la commune de Gihanga les trente dernières années



Source : Auteur à partir des données de l'IGEBU

Graphique 3 : Evolution des nombres de jours annuels de pluies dans la commune de Gihanga les trente dernières années



Source : Auteur à partir des données de l'IGEBU

L'analyse des deux figures ci-dessus montre que globalement il y'a une tendance à la baisse des hauteurs pluviométriques annuelles et des nombres de jours annuels de pluies ces trente (30) dernières années dans la commune de Gihanga. Toutefois les coefficients de détermination R2 sont très faibles (en dessous de 50%), ce qui dénote qu'on ne saurait conclure d'une tendance à la baisse des précipitations et du nombre de jours des pluies de façon linéaire ces dernières années.

IV.1.2. Analyse de tendance thermométrique dans la commune de Gihanga

La température est l'un des facteurs climatiques qui déterminent le rendement des cultures. Dans cette rubrique, nous analyserons les températures minimales et maximales de la commune Gihanga sur une période de 30 ans.

Pour mieux appréhender les changements au niveau de la température, il est bon de scinder période de 1990 à 2019 en deux sous période de 15 ans. Cela va permettre une comparaison entre les moyennes des températures issues de ces deux périodes.

Tableau 3: Illustrations des écarts à la moyenne des températures

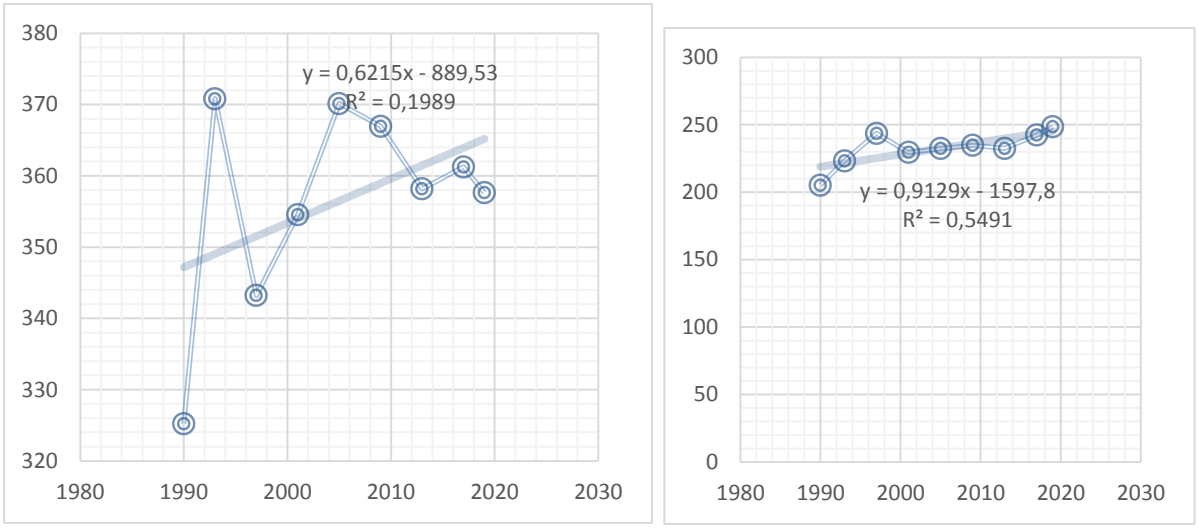
Période	Mmax(°C)	Mmin (°C)	MA(°C)
De 1990-2004	29,26	18,86	24,07
De 2005-2019	29,94	19,56	24,75
Ecart	-0,68	-0,70	-0,68

Source : auteur à partir des données de l'IGEBU

Ce tableau montre une augmentation de température. La température maximale a passé de 29,26°C pour la période de 1990-2004 à 29,94°C pour la période de 2005-2019, soit une augmentation de 0,68°C cette augmentation est la même pour la température moyenne annuelle.

L'évolution des températures minimales et maximales dans cette commune sur la période allant de 1990 à 2019 donne les graphiques ci-dessous.

Graphique 4 : Tendances thermométriques au cours des trente (30) dernières années dans la commune Gihanga (1990-2019)



De l'analyse de ces figures, il ressort que les températures minimales et maximales ont augmenté ces trente (30) dernières années. Les coefficients de détermination R2 (0,198) pour les températures minimales et 0,549) pour les températures maximales), preuve que globalement au cours des années les températures maximales et minimales augmentent. Cette tendance thermométrique est confirmée par 99% des enquêtés.

Ces indicateurs quantitatifs ont été complétés par les indicateurs qualitatifs recueillis auprès des populations enquêtées résidant en commune Gihanga. Il s'agit pour l'essentiel des indicateurs socio- anthropologiques relatifs au climat, à la production et au changement de mode de vie. Ces informations portent sur les faits témoins de l'évolution du climat ces 30 dernières années.

IV.2. Percepation paysanne de l'évolution climatique dans la commune de Gihanga

Ce point traite des tendances thermométriques et pluviométriques dans la commune de Gihanga au cours des trente (30) dernières années (1990-2019) et de la comparaison des paramètres pluviométriques et thermométriques au cours de deux périodes différentes ; la période P1 (1990-2003) et la période P2 (2004-2019). Il aborde la perception du changement climatique vécu par la population locale de cette commune.

IV.2.1. Perception socio-anthropologique du climat à Gihanga

Les communautés paysannes entretiennent des liens étroits avec leur milieu environnant (Ogouwalé, 2006 cité par Rodrigue 2008). Elles dépendent de cet environnement et du climat dans l'obtention des ressources nécessaires pour leur survie. En effet, les conditions climatiques déterminent celles de l'agriculture, principale activité de la population de la commune de Gihanga. Pour la population de la zone d'étude, les temps ne sont plus comme avant.

Le tableau n°3 présente les perceptions des communautés locales des effets de l'évolution des climats.

Tableau 4: Synthèse sur les perceptions paysannes du changement climatique

Changements climatiques Enregistrés	Manifestations	conséquences
Début tardif, départ précoce et/ou mauvaise répartition des Pluies	93% des enquêtés indiquent qu'il y a eu un changement dans le déroulement de la saison agricole. Les pluies s'installent actuellement au mois de novembre au lieu de septembre. Départ au mois d'avril au lieu de mai	Déstabilisation pour la date de semi et les plantes risque la sécheresse
Diminution des hauteurs Pluviométriques	Ces quinze (15) dernières années, les hauteurs pluviométriques sont en baisse comparativement aux quinze (15) années précédentes selon 88,2% des enquêtés. Pour ces derniers, les pluies baissent au fil des ans.	Augmentation de risques de sécheresse et des maladies des plantes
Diminution du nombre de jours de pluies	Pour 80,8% des enquêtés, le nombre de jours de pluies a baissé au cours des quinze (15) dernières années comparativement aux quinze précédentes. Les pluies se concentrent sur un temps court et du coup.	Les cultures ne tirent pas profit de toutes les quantités d'eau tombées au cours de la saison pluvieuse.
Chaleur excessive	Les temps sont devenus de plus en plus chauds selon 95% des enquêtés, et même sous les arbres la chaleur est insupportable.	Le flétrissement des plantes cultivées dans les champs est exhibé comme entre autre par les paysans comme la conséquence d'une forte et persistante chaleur au cours de la campagne agricole. Pour eux, les temps nuageux ont baissé au détriment des temps très ensoleillés.

Poches de sécheresse plus Nombreuses	Les ruptures de pluie au cours de la saison sont de plus en plus nombreuses ces quinze (15) dernières années	Des pertes de récolte selon 92% des personnes enquêtées.
Occurrence des pluies très fortes et violentes	Les pluies de ces quinze (15) dernières années sont très violentes et accompagnées de grands vents selon 75% des enquêtés.	Le démolissage des maisons, destruction des champs et des cultures, les inondations
Persistance de la sécheresse	Pour 96% des enquêtés, la sécheresse s'étend sur une période plus longue allant de mai à novembre au lieu de juin à septembre.	Disparition de certaines espèces végétales (bananerais, sorgho, …) et animales. Les autres espèces végétales sont en voie de disparition Apparition des maladies des plantes Changement des systèmes de cultures

Source : Enquête de terrain à Gihanga (Septembre, 2020)

Il ressort de ce tableau que les paysans perçoivent les changements climatiques et les indicateurs locaux liés à ces changements climatiques qui sont :

Pour le retard des pluies et départ précoce, nous avons le décalage de la campagne qui se traduit par une modification du calendrier agricole.

L'indicateur local lié à la mauvaise répartition des pluies et aux nombreuses poches de sécheresse au cours de la saison pluvieuse est le flétrissement des cultures et pertes occasionnées par le manque d'eau ou le jaunissement des plants suite à un excès d'eau sur un temps court. Par ailleurs, le tarissement précoce des cours d'eau (Mudubugu et Kajeke) au fil des années pour les paysans est un indicateur de persistance de la sécheresse.

En ce qui concerne les températures et l'ensoleillement, la forte chaleur ressentie même sous l'arbre et l'intensité des rayons solaires et leur durée sont des indicateurs respectifs de la chaleur excessive et de l'intensité de l'ensoleillement.

Les événements extrêmes surtout les fortes pluies avec la grêle, les vents violents provoquant les inondations qui causent à son tour la destruction des maisons et des champs de cultures.

Le changement climatique se manifeste dans la commune de Gihanga et il est perçu par la population de cette commune. Les indicateurs du changement climatique sont entre autre la variabilité des précipitations, l'augmentation des températures, arrivée tardive et départ précoce des pluies, présence des poches de sécheresse, disparition des certaines espèces végétales et diminution du nombre de jours de pluie ainsi que la mauvaise répartition des pluies.

La première hypothèse formulée « La hausse des températures, la dé……sont les indicateurs du changement climatique » est alors vérifiée.

IV.2.2. Perception socio-anthropologiques des causes des changements climatiques à Gihanga

Le changement climatique est un phénomène reconnu par toute la communauté paysanne de la commune Gihanga, mais les causes qui leur sont attribuées sont variables au sein de cette communauté.

Au nombre des causes principales des changements climatiques évoquées par les producteurs, nous pouvons citer :

- **La nature**

Selon 40% des producteurs agricoles enquêtés, les changements climatiques sont d'ordre naturel et il n'y a aucune intervention de l'homme dans les phénomènes climatiques.

- **Le déboisement**

Pour 70% des producteurs enquêtés, le changement climatique que l'on observe ces dernières années, ne sont que le résultat des actions anthropiques à travers le déboisement. En effet, dans les années passées, il y avait des arbres plantés dans les paysannats et dans les villages. Ces arbres ont été abattus au détriment de l'agriculture.

Selon Aho et Kossou (1997 cité par Rodrigue 2008), les deux conditions nécessaires et suffisantes pour la réalisation des précipitations s'énoncent comme suit :

- L'air doit contenir l'humidité, c'est-à-dire contenir de la vapeur d'eau ;
- L'air doit être animé d'un mouvement ascendant suffisamment développé pour déterminer la condensation de la vapeur d'eau par détente.

Cette ascendance est favorisée par les arbres et les élévations montagneuses. Ainsi les arbres permettent l'augmentation du taux de vapeur d'eau dans l'air à travers leur transpiration.

La conception des producteurs des causes des changements climatiques a donc un fondement scientifique. La disparition progressive des arbres à travers leur destruction est aussi l'une des causes des perturbations pluviométriques observées ces dernières années.

Une autre partie des producteurs affirment que le changement climatique dans la commune de Gihanga est dû à la forte pression démographique dans cette commune.

Une des causes non évoquées par les producteurs de la commune Gihanga, qui demeure la principale est l'émission des gaz à effet de serre. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les producteurs de la zone d'étude ne sont pas familiers à ce phénomène et ne saurait donc le lier aux perturbations climatiques actuelles.

Excepté l'émission des Gaz à Effet de Serre (GES) à travers l'agriculture surtout le riz et l'élevage des animaux, l'émission des gaz à effet de serre liée à la pollution atmosphérique est quasi nulle comparativement à d'autres régions du pays. En effet, le réchauffement climatique est dû à un accroissement d'origine anthropique des Gaz à Effet de Serre, phénomène qui vient s'ajouter ces dernières années au réchauffement naturel.

IV.2.3. Perception socio-anthropique des conséquences du changement climatique à Gihanga

La répartition des précipitations, moins que la fertilité des sols, détermine les productions dans le contexte d'une agriculture pluviale. Les impacts des péjorations pluviométriques et de la hausse des températures sur les cultures se manifestent fréquemment par les stress hydriques et/ou thermiques (Ogouwalé, 2006 cité par Rodrigue 2012). Le changement climatique a donc des conséquences néfastes sur le milieu ou l'environnement (écosystème) d'où les producteurs tirent leurs ressources et sur leur quotidien.

Ce point est consacré au développement des conséquences du changement climatique sur le milieu physique ou écosystème et sur le quotidien des producteurs des deux de la commune d'étude. Il est à noter que le changement climatique constitue un effet additif aux innombrables problèmes que vit le monde paysan et de ce fait, augmentent l'ampleur des problèmes ou engendrent de nouveaux problèmes.

IV.2.3.1. Conséquences du changement climatique sur le milieu naturel

Le monde paysan vit au dépend du milieu ou de l'environnement d'où il tire l'essentiel des ressources nécessaires pour son bien-être. Ce milieu se révèle très impacté par le changement climatique.

Dans la commune de Gihanga, les effets du changement climatique sur le milieu sont très perceptibles et affectent le sol, les espèces végétales et animales.

a) Conséquences sur les espèces végétales et animales

Les changements climatiques ont des conséquences sur la faune et la flore. Les conditions météorologiques actuelles favoriseraient la prolifération de certaines espèces animales (selon 65% des enquêtés) mais aussi la prolifération et la diminution de la population de certaines espèces végétales (selon 56% des enquêtés).

Dans la zone d'étude, les perturbations climatiques se manifestant par des poches de sécheresse au cours de la saison pluvieuse, par la persistance de la sécheresse et par une augmentation des températures, offrent des conditions favorables pour la croissance et le développement des populations des ravageurs.

b) Conséquence des changements climatiques sur le quotidien

La commune de Gihanga est soumise aux vicissitudes du climat sec tout comme la zone agro écologique de l'Imbo centre à laquelle elle appartient.

Le changement climatique à travers les péjorations pluviométriques, la hausse des températures et l'occurrence de la violence des pluies, a d'énormes conséquences sur les conditions de vie des producteurs et les activités pratiquées par ces derniers.

Conséquences sur l'agriculture

Selon 80% des producteurs enquêtés, les péjorations pluviométriques (à travers les poches de sécheresse ou rupture de pluies au cours de croissance et l'excès de pluies sur un temps court) et la hausse des températures, contribuent à la perte des récoltes et à la baisse des rendements des cultures. Les cultures les plus touchées par cette perturbation climatique sont : le coton, le maïs, le riz pluviale et le haricot (principales cultures de la commune d'étude), le niébé et le manioc.

En effet, dans une agriculture pluviale, la bonne répartition des pluies est d'une importance capitale pour la croissance des plantes et du coup pour un bon rendement. Les cultures telles que le maïs et le coton sont très exigeantes en eau pendant les périodes de floraison et de fructification, périodes au cours desquelles un manque d'eau peut être fatal pour les cultures et faire baisser considérablement le rendement de ces cultures.

Il faut noter que la structure du sol et la qualité des terres exploitées, qui est d'ailleurs un facteur limitant dans la commune de Gihanga, est aussi d'une grande importance dans la détermination des rendements des cultures. Malgré l'adoption de variétés de maïs à cycle court (2,5mois) et de haricot (1,5mois) pouvant s'adopter au raccourcissement de la saison de croissance, les poches de sécheresses au cours de cette saison contribuent à la baisse des rendements des cultures. A part les baisses de rendement des cultures auxquelles contribuent les changements climatiques, ils occasionnent aussi des pertes de récolte, surtout au niveau du maïs, du haricot et du coton.

IV.3. Analyse des effets du changement climatique sur la production des principaux systèmes de cultures

Cette section se borne plus sur la présentation des résultats d'analyse des effets du changement climatique sur la production agricole constituant les principaux systèmes de cultures à Gihanga.

Nous analyserons les différents changements observés au niveau des systèmes de cultures suite au changement climatique. Une analyse des performances des systèmes de culture en fonction du changement climatique sera aussi faite.

IV.3.1. Analyse de la stationnarité des séries

Les résultats obtenus à partir des traitements des données à l'aide du logiciel Eviews sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5: Résultat du test de stationnarité (Philipps Perron)

Variables	En niveau	En différence première	En différence seconde
Prodmais	0,99	0,5	0,02***
prodmanioc	0,029*	0 ,000**	0,000***
prodharicot	0,246	0,000**	0,000***
Prodriz	0,186	0,006*	0,000***
prodpatdouce	0,889	0 ,000**	0,000***
Pluv	0,8	0 ,000**	0,000***
nbre jpluie	0,1	0 ,000**	0,000***
Tmin	0,001*	0 ,000**	0,000***
Tmax	0,0004*	0 ,000**	0,000***
TM	0,001*	0 ,000**	0,000***
Thumid	0,011*	0 ,000**	0,000***
Supmais	0,085	0 ,000**	0,000***
Supmanioc	0,084	0 ,000**	0,000***
Supharicot	0,84	0,0002**	0,000***
Supriz	0,002*	0 ,000**	0,000***
Suppatedce	0,005*	0 ,000**	0,000***

Source : Calcul de l'auteur à partir des résultats de l'eviews 10

* : Stationnaire en niveau, ** Stationnaire en différence première, *** Stationnaire en différence seconde.

Au seuil de 5%, la variable prodmais est stationnaire en différence seconde. Elle est donc intégrée d'ordre 2, I (2). Les variables prodharicot, prodriz, prodpatdouce, pluv, nbre jpluie, supmais,supmanioc et supharicot sont stationnaires en différence première et en différence seconde. Elles sont intégrées d'ordre 1, I (1) et d'ordre 2, I (2). Les variables prodmanioc, Tmin, Tmax, TM, Thumid,supriz et suppatedce sont stationnaires en niveau, en différence première en différence seconde. Donc, elles sont intégrées d'ordre 0, I (0) d'ordre 1, I (1) et d'ordre 2, I (2).

IV.3.2. Analyse des séries des résidus

L'analyse de la stationnarité des séries des résidus permet de présumer la relation d'intégration entre les variables du modèle. Pour que la relation de cointégration soit acceptée, la série des résidus doit être stationnaire.

Tableau 6: Analyse de la stationnarité des séries des résidus

Résidus	**Probabilité**
Risidu1	0,4372
Risidu2	0,0207
Risidu3	0,0685
Risidu4	0,0067
Risidu5	0,0063

Source : Calcul de l'auteur à partir des résultats de Eviews 10

Le tableau 6 montre que les séries des résidus pour les modèles avec les variables expliquées « prodmais » et « prodharicot » ne sont pas stationnaires au seuil de 5%. Pour ces modèles, on ne peut pas estimer une relation de long terme et de ce fait, le modèle à correction (MCE). Par contre, pour les modèles avec les variables expliquées « prodmanioc », « prodriz » et « prodpatedce », la série des résidus est stationnaire en niveau. On estime la relation de long terme (cointégration) et donc le modèle à correction d'erreur (MCE).

IV.3.3. Tests de validation des modèles

IV.3.3.1. Pour la production du maïs

A. Autocorrélation des erreurs

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	0.611201	Prob. F(2,21)	0.5521
Obs*R-squared	1.650231	Prob. Chi-Square(2)	0.4382

Les probabilités sont toutes supérieures à 5%. On accepte donc l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des erreurs. Le biais d'estimation est donc levé.

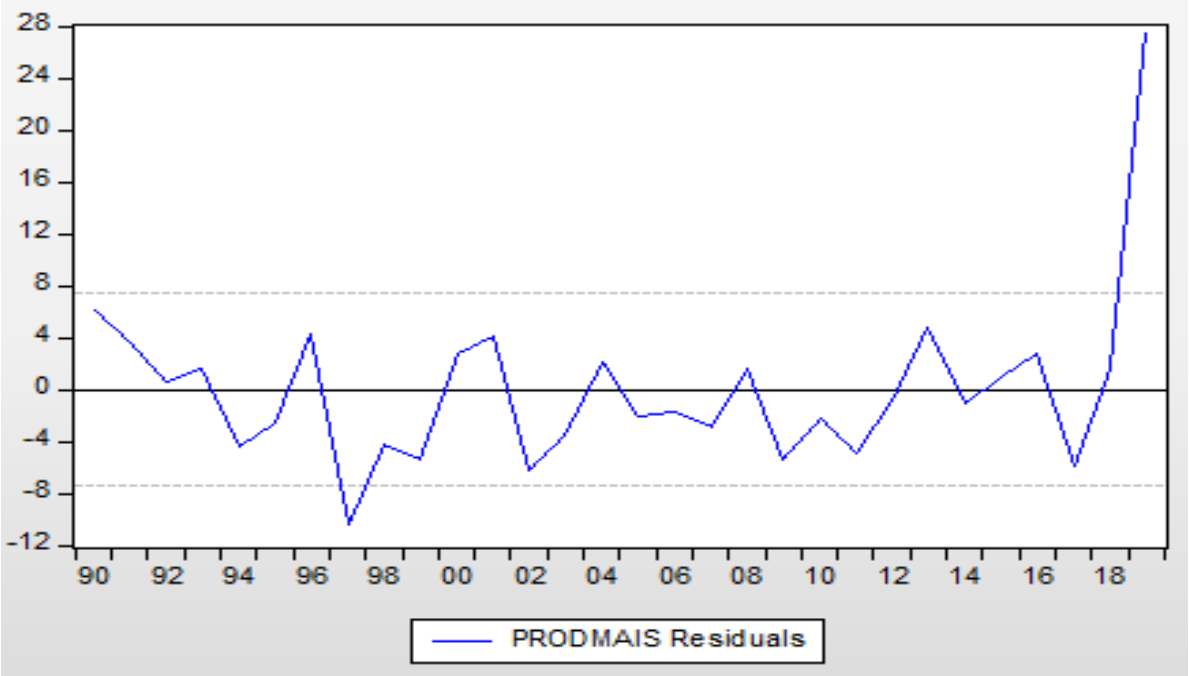
B. Test d'hétérocédasticité

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	1.664611	Prob. F(6,23)	0.1750
Obs*R-squared	9.083092	Prob. Chi-Square(6)	0.1690
Scaled explained SS	28.66930	Prob. Chi-Square(6)	0.0001

Les erreurs sont donc homocédastiques, toutes les probabilités sont supérieures à 5%. Les fluctuations dues aux chocs sont atténuées et on peut estimer sans difficultés.

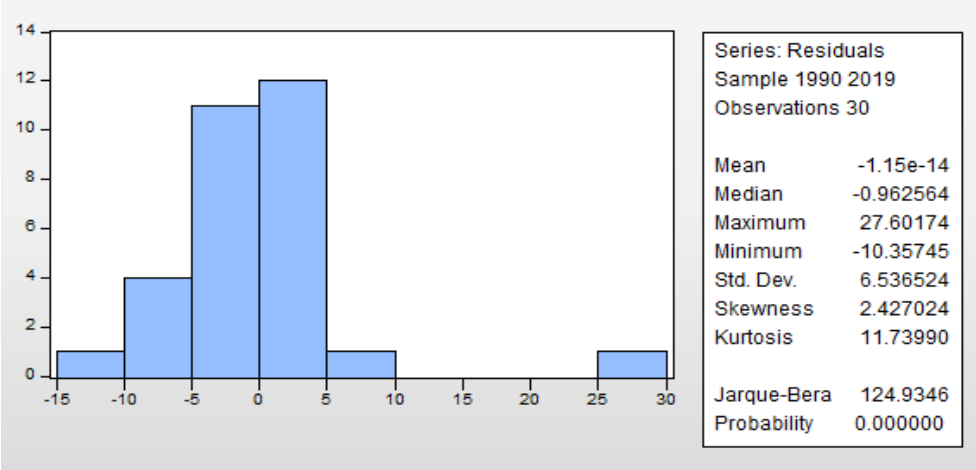
C. Analyse de l'évolution de la série des résidus



Il ressort de ce graphique que l'évolution des résidus est caractérisée par des saisonnalités plus ou moins constantes sur la période d'où il convient de tester les propriétés y afférentes.

D. Test de normalité des erreurs(Jarque-Berra)

L'hypothèse de normalité des erreurs est acceptée si tout simplement la probabilité relative à Jarque-Berra est supérieure à 5% (Prob>5%).



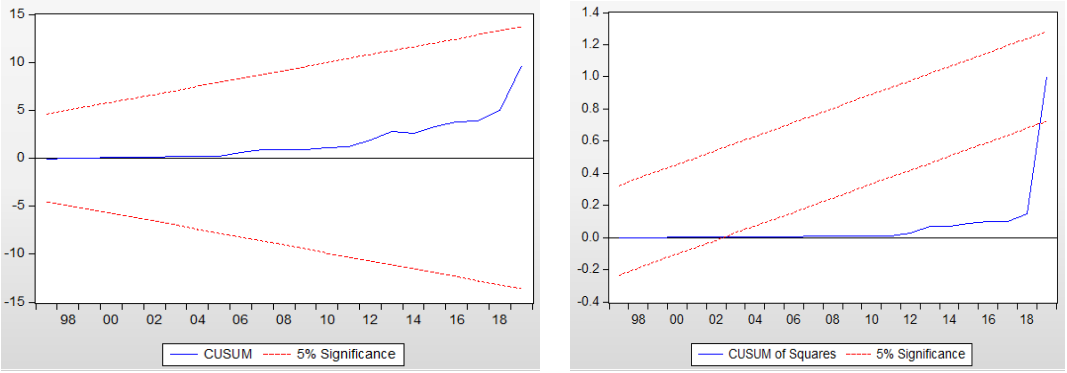
On rejette l'hypothèse de normalité des erreurs. En effet, L'hypothèse de normalité des termes d'erreur joue un rôle essentiel car elle précise la distribution statistique des estimateurs. C'est donc grâce à cette hypothèse que l'inférence statistique peut se réaliser. Le problème d'estimation n'est donc pas levé.

E. Test de Stabilité

Ce test vise à vérifier la stabilité des coefficients du modèle dans le temps, au fin de prévision. On distingue le test de Chow (1960) et celui de Brown-Durbin-Ewans (1975).

Dans cette étude, nous allons effectuer le test Cusum de Brown-Durbin-Ewans qui offre l'avantage d'étudier la stabilité sans définir à priori une date de rupture sur les coefficients.

Le test Cusum permet de détecter les instabilités structurelles et le test Cusum carré, les instabilités ponctuelles et globalement il y'a instabilité si la courbe coupe le corridor (en rouge).



Pour le test Cosum, le modèle est structurellement stable (la courbe en bleu ne coupe pas le corridor). De ce fait, les mesures susceptibles de stimuler structurellement le secteur agricole peuvent être adoptées sans difficultés et les prévisions être exécutées sans choc.

Pour le Cosum Squares, le modèle est donc ponctuellement instable (la courbe en bleu coupe le corridor). Ce faisant, pour la production du mais, les chocs ponctuels peuvent avoir un impact dont il convient de maitriser.

IV.3.3.2. Pour la production du manioc

A. Autocorrélation des erreurs

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	1.162439	Prob. F(2,21)	0.3320
Obs*R-squared	2.990213	Prob. Chi-Square(2)	0.2242

Les probabilités sont supérieures à 5%, on retient donc l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des erreurs.

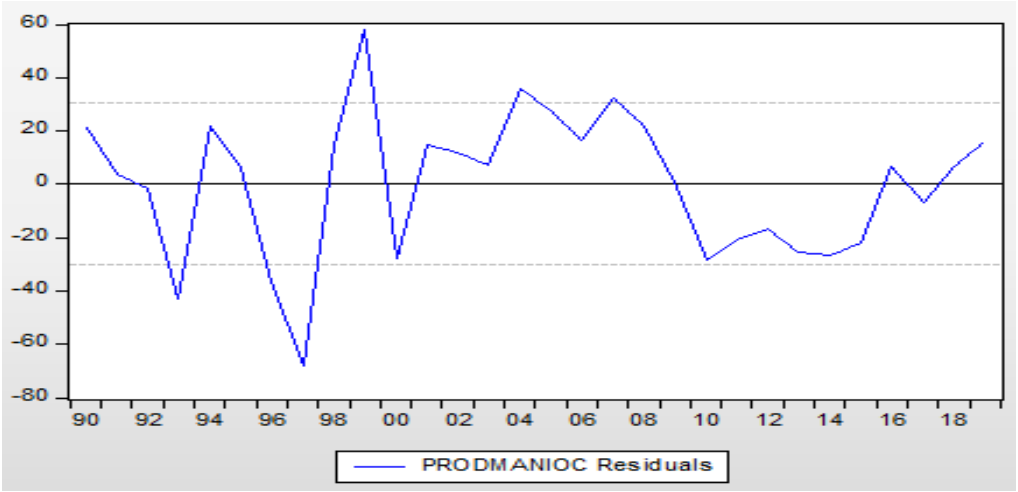
B. Test d'hétéroscedasticité

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	1.068667	Prob. F(6,23)	0.4094
Obs*R-squared	6.540191	Prob. Chi-Square(6)	0.3655
Scaled explained SS	3.867655	Prob. Chi-Square(6)	0.6946

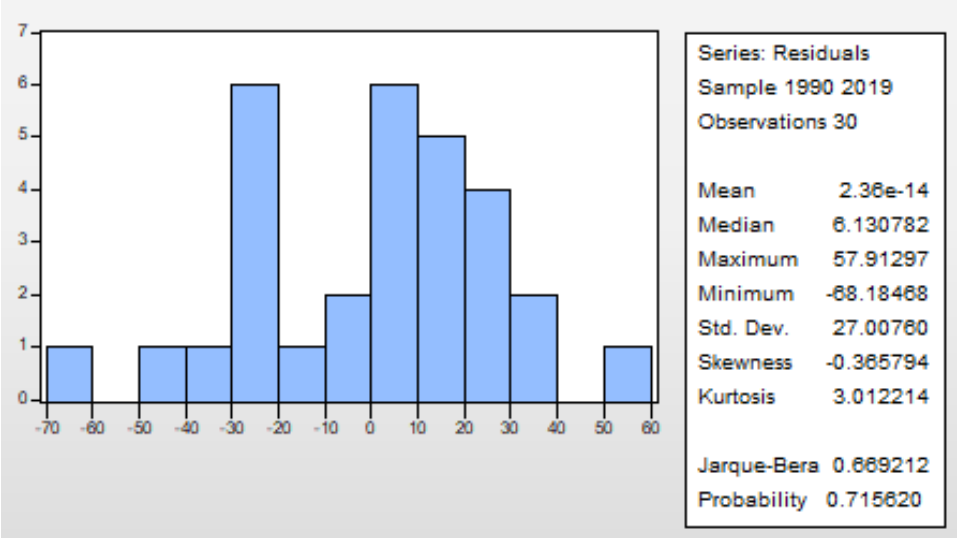
Les résultats montrent que toutes les probabilités sont supérieures au seuil de 5%. On accepte l'hypothèse d'homoscédasticité des erreurs.

C. Evolution des résidus



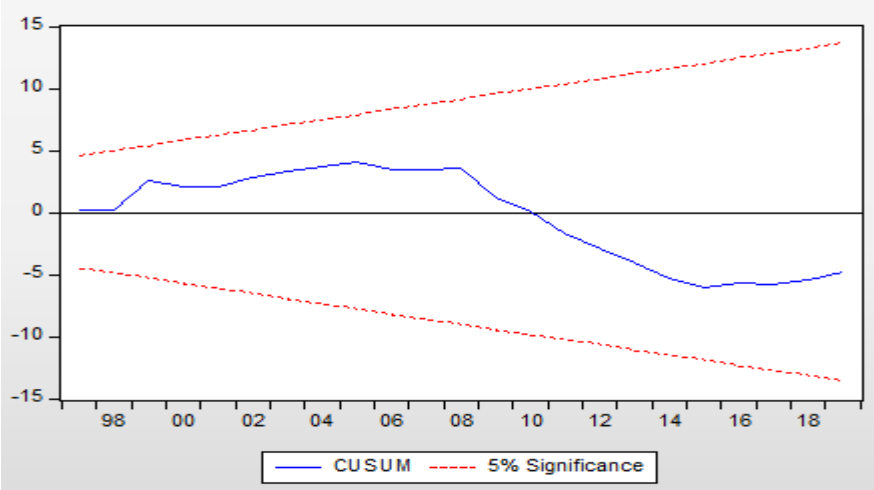
Sur base du graphique on remarque une évolution en saisonnalités des résidus.

D. Test de Normalité

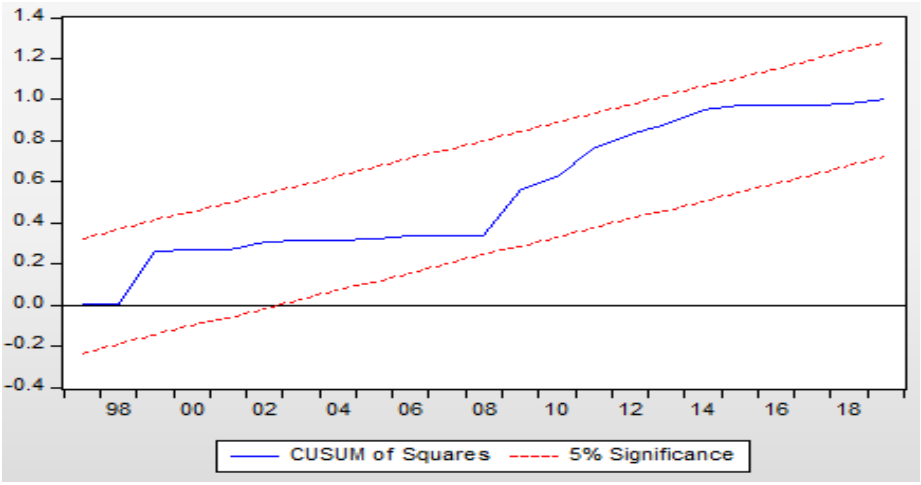


Les résidus sont donc normalement distribués (Prob_Jarque-Berra=0.71>0.05). Le modelé peut être estimé sans difficultés.

F. Test de stabilité



Ici le modèle est structurellement stable.



Suivant le graphique, on conclut que le modèle est ponctuellement stable.

IV.3.3.3. Pour la production du haricot

A. Test d'autocorrélation des erreurs

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	1.749990	Prob. F(2,21)	0.1982
Obs*R-squared	4.285694	Prob. Chi-Square(2)	0.1173

Les deux probabilités sont supérieures à 5%, il y a absence d'autocorrélation des erreurs.

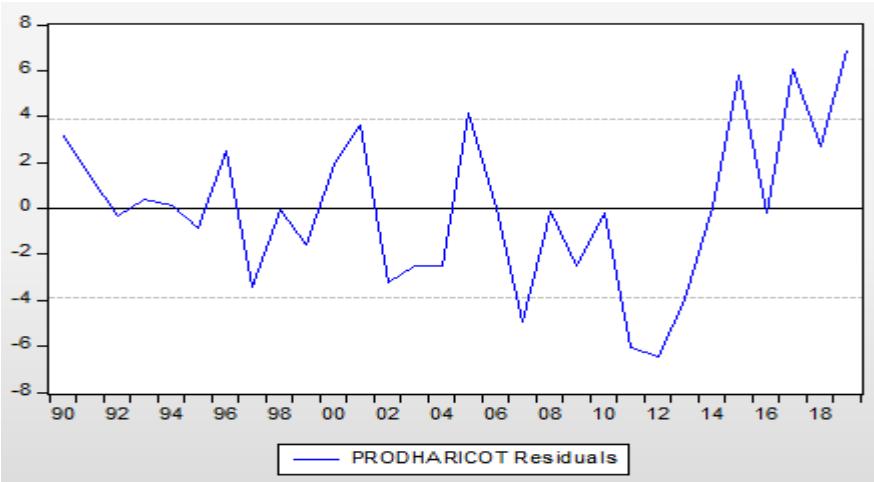
B. Test d'hétéroscedsticité

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	1.882562	Prob. F(6,23)	0.1272
Obs*R-squared	9.880667	Prob. Chi-Square(6)	0.1298
Scaled explained SS	4.397831	Prob. Chi-Square(6)	0.6230

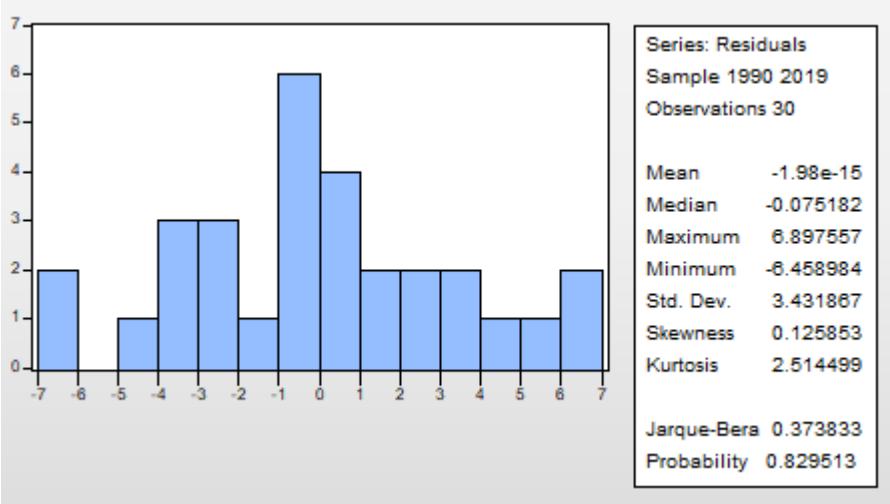
A partir des résultats présentés dans le tableau, on remarque que les probabilités sont supérieures à 5%. On rejette l'hypothèse d'hétéroscedasticité des erreurs dans ce modèle.

C. Evolution des résidus



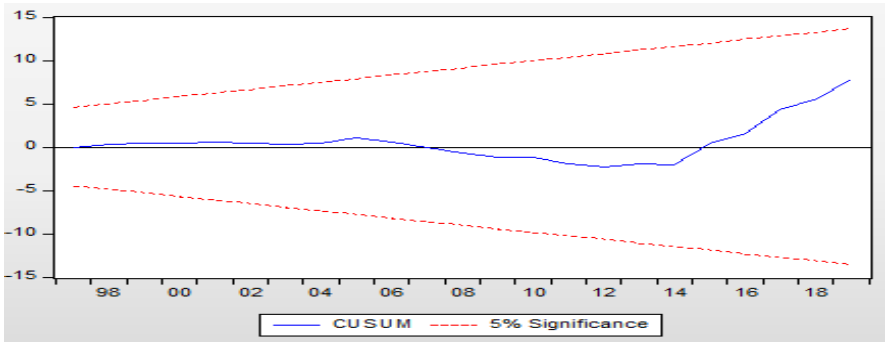
On remarque une évolution saisonnière des résidus.

D. Test de normalité des erreurs

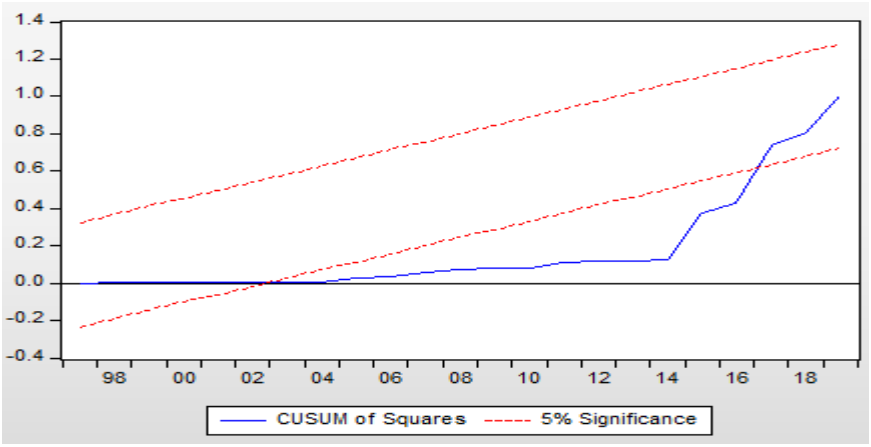


La probabilité de Jacques-Bera étant supérieure au seuil de 5%, on remarque que les résidus sont normalement distribués.

E. Analyse de la stabilité



Le modèle est structurellement stable.



Par contre, ponctuellement, le modèle n'est pas stable.

IV.3.3.4. Pour la production du riz

A. Autocorrélation des erreurs

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	0.710505	Prob. F(2,21)	0.5028
Obs*R-squared	1.901355	Prob. Chi-Square(2)	0.3865

On remarque une absence d'autocorrélation des erreurs pour ce modèle étant donné que les probabilités sont supérieures au seuil de 5%.

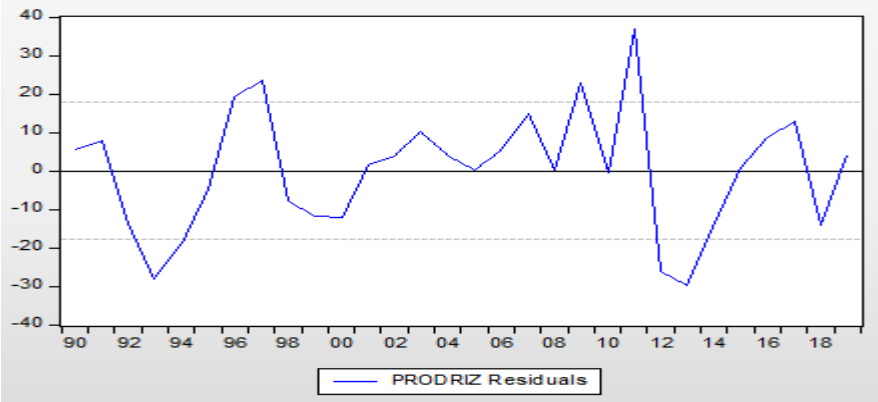
B. Test d'hétéroscédasticité

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	0.358446	Prob. F(6,23)	0.8975
Obs*R-squared	2.565348	Prob. Chi-Square(6)	0.8611
Scaled explained SS	1.350515	Prob. Chi-Square(6)	0.9688

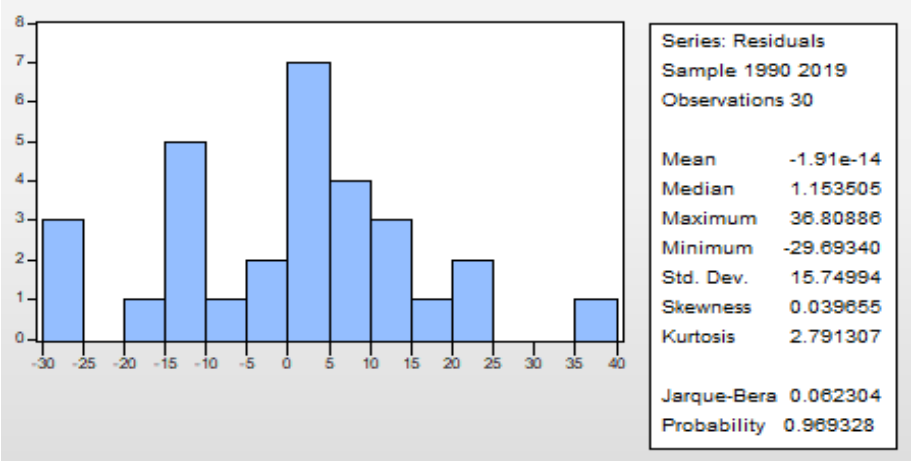
L'hypothèse d'absence d'hétéroscedasticité des erreurs dans ce modèle est retenu.

C. Evolution des résidus



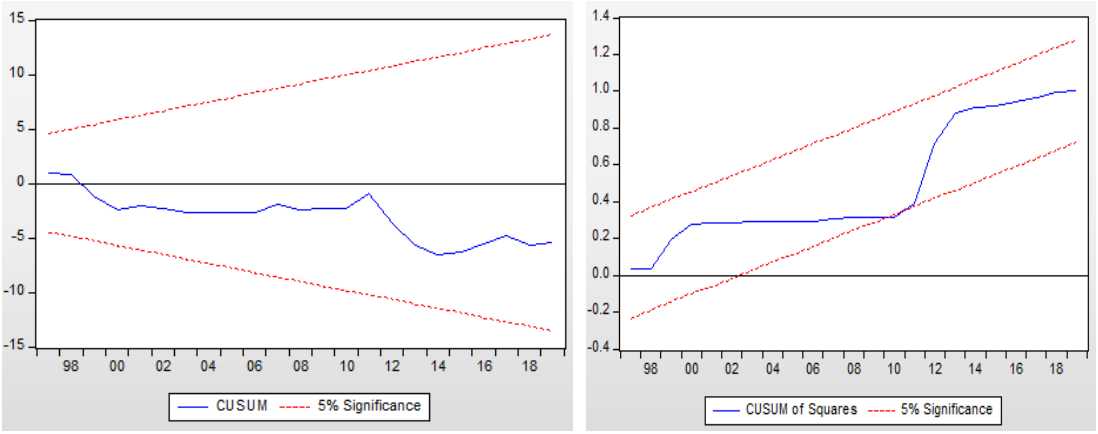
Au vue de ce graphique, on constate une évolution en saisonnalités.

c. Test de normalité des erreurs



La probabilité des Jacques-Bera est supérieur au seuil de 5%, donc les résidus sont normalement distribués.

D. Test de stabilité



Structurellement et ponctuellement, le modèle est stable.

IV.3.3.5. Pour la production des patates douces

A. Test d'autocorrélation des erreurs

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	0.896383	Prob. F(2,21)	0.4231
Obs*R-squared	2.359650	Prob. Chi-Square(2)	0.3073

Toutes les probabilités sont supérieures à 5%, donc il y a absence d'autocorrélation des erreurs pour ce modèle.

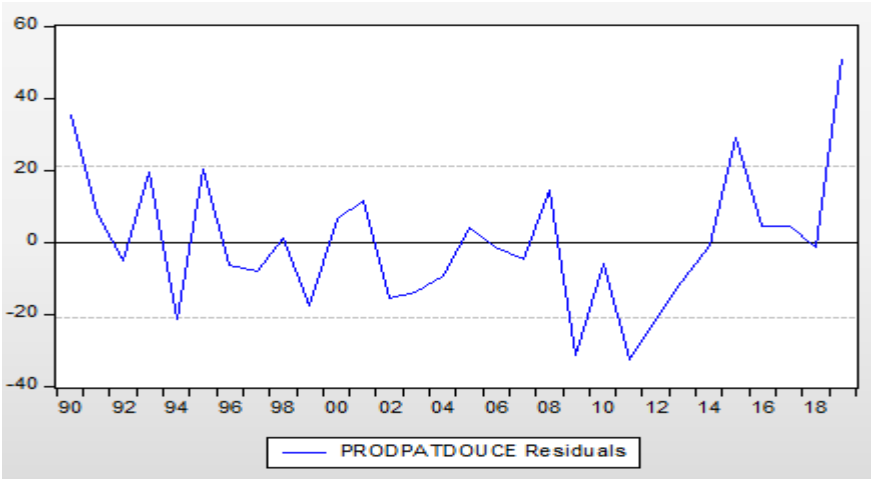
B. Test d'hétéroscedasticité

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	1.097530	Prob. F(6,23)	0.3936
Obs*R-squared	6.677510	Prob. Chi-Square(6)	0.3517
Scaled explained SS	5.048777	Prob. Chi-Square(6)	0.5376

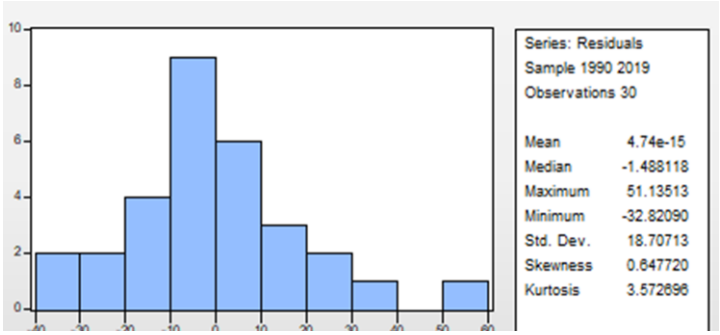
Toutes les probabilités sont supérieures à 5%, donc les erreurs sont homoscédastiques.

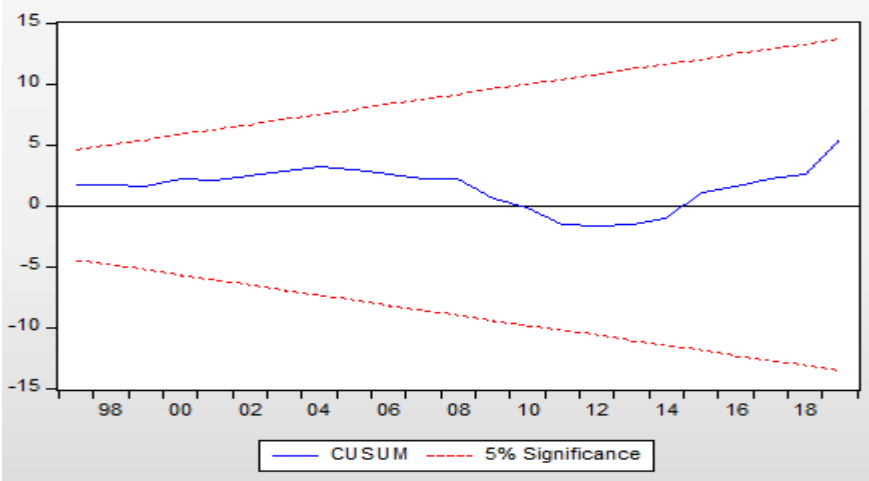
C. Evolution des résidus



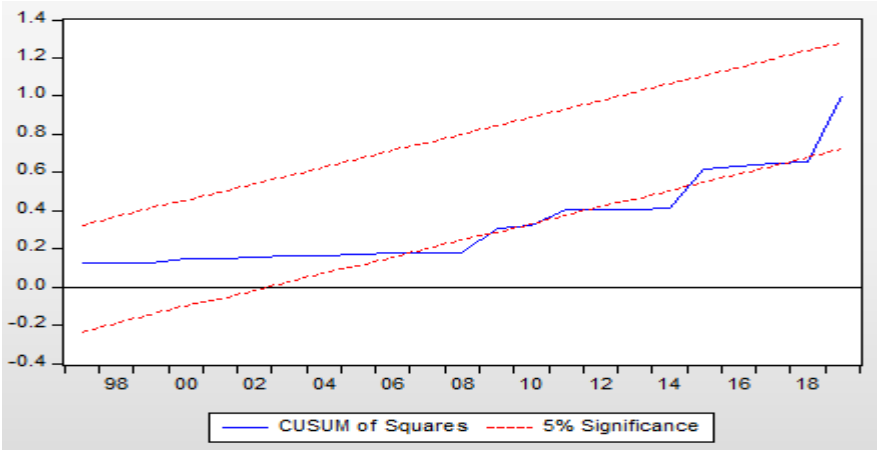
On conclut qu'il y a une évolution en saisonnalité.

D. Test de Normalité





De manière structurelle, le modèle est stable.



Mais ce modèle n'est pas ponctuellement stable.

IV.3.4. Résultat du test de cointégration de Johansen

Il s'agit de tester l'existence d'une relation stable de long terme entre les variables non stationnaires en incluant les variables retardées et les variables exogènes.

Tableau 7: La probabilité et le nombre de relations entre les variables

	Probabilité	**Nombre de relations**
Modèle1	-	-
Modèle2	0,000	3
	0,0002	
	0,0108	
Modèle3	-	-
Modèle4	0,001	2
	0,0168	
Modèle5	0,000	5
	0,0011	
	0,0033	
	0,0096	
	0,03311	

Source : Calcule de l'auteur à l'aide de l'Eviews 10

Ces résultats confirment une relation stable pour le long terme entre les variables des modèles (2,4 et 5). D'où l'estimation des modèles à correction d'erreur (MCE).

IV.3.5. Résultats de l'estimation des Modèles à Correction d'Erreur (MCE)

Il s'agit ici de présenter et d'interpréter les résultats issus des MCE retenu.

IV.3.5.1. Régression du modèle à correction d'erreur (Modèle2)

Le modèle dont il est question ici est celui constitué par la production du manioc comme variable endogène qui est expliquée par la pluviométrie, le nombre de jours de pluie, l'humidité, la température minimale et maximale ainsi que la superficie cultivée pour le manioc.

Tableau 8 : Relation de court et de long terme entre les variables du modèle 2

Relation de court terme		
Variable	Coefficients	Probabilité
C	317,3	0,0002
Trend	-10,09	0,0002
D(TMIN)	-7,08	0,1193
CointEq(-1)	-0,45	0,0001*
Relation de long terme		
PLUV	0,107	0,988
NBRE-JPLUIE	-0,924	0,45
TMIN	15,96	0,64
TMAX	-2,198	0,88
THUMID	0,42	0,92
SUPMANIOC	-3,03	0,24
R2	0,543	
F	0,000	

Source : Calcul de l'auteur à l'aide de l'eviews 10

***Significatif au seuil de 5%**

Ces résultats révèlent que ce modèle est valide car le coefficient de correction d'erreur (CointEq(-1)*-0,45) qui est la force vers l'équilibre de long terme est négatif et est statistiquement significatif au seuil de 5% . Il y a donc une relation de cointégration entre les variables.

Ce coefficient de correction d'erreur montre qu'en long terme, les déséquilibres entre la production du manioc et la pluviométrie, la température maximale, la température minimale, la superficie emblavée pour le manioc et le taux d'humidité se compensent de sorte que ces séries ont des évolutions similaires. Il représente la vitesse à laquelle tout déséquilibre entre les niveaux désirés et effectifs des productions du manioc est résorbé dans l'année qui suit tout choc.

B1= -0,45 signifie que l'on arrive à ajuster 45% du déséquilibre entre le niveau désiré et effectif de la production du manioc.

Ainsi, les chocs sur la production du manioc dans la commune Gihanga se corrigent à 45% par l'effet de feed back. En d'autres termes, un choc constaté au cours d'une année est entièrement résorbé au bout de deux ans 13 mois.

Pour ce modèle, aucune des variables explicatives prise individuellement n'est significative par test de student (toutes les probabilités associées à ces variables explicatives sont supérieures à 5%). Par contre, le test de Fisher confirme que le modèle est globalement significatif (Prob=0,000<0,05). Avec R carré égale à 54,3%, la qualité d'ajustement est moyenne. Cela montre que 54,3% de la production du manioc (prodmanioc) est expliquée conjoitement par la pluviométrie, le nombre de jours de pluies, le taux d'humidité la température maximale et minimale ainsi que la superficie emblavée. Les 45,7% de la production du manioc sont expliqués par les autres variables non spécifiées dans ce modèle.

IV.3.5.2. Les résultats de l'estimation du MCE (Modèle4)

Le modèle 4 de cette dans cette étude est constitué par la production du riz comme la variable à expliquer qui fonction de la pluviométrie, la température maximale, la température minimale, le taux d'humidité, le nombre de jours de pluie et la superficie emblavée. Le tableau suivant montre les résultats de l'estimation de ce modèle.

Tableau 9 : Régression du modèle à correction d'erreur (Modèle4)

Relation de court terme		
Variable	Coefficients	Probabilité
C	44,165	0,0002
Trend	0,592	0,0765
D(PLUV)	2,799	0,0402
D(SUPERIZ)	-0,131	0,0004
CointEq(-1)	-0,651	0,000*
Relation de long terme		
PLUV	-2,58	0,52
NBRE-JPLUIE	0,78	0,027*
TMIN	-0,129	0,985
TMAX	0,922	0,667
THUMID	-1,647	0,415
SUPRIZ	-0,0749	0,454
R2	0,68	
F	0,000	

Source : Calcul de l'auteur à l'aide de l'eviews 10

***Significatif à 5%**

Le coefficient à correction d'erreur (CointEq(-1)* -0,651) est négatif et sa probabilité de 0,000 est inférieur à 0,05 . Cela montre qu'il y a une relation de cointégration à long terme et le modèle est donc valide. La statistique de Fisher qui est de 0,000 est inférieure au seuil de 5% ; le modèle est globalement significatif et le R carré égal à 0,68. Individuellement, seul la variable NBRE-JPLUIE (nombre de jours de pluies) dont le coefficient 0,78 est statistiquement significative avec sa probabilité de 0,027 qui est inférieure au seuil de 0,05. Elle affecte positivement la production du riz. En effet, l'augmentation d'une unité du nombre de jours de pluie entraine une augmentation de la production du riz de 0,78.

IV.3.5.3. Les résultats de l'estimation du MCE (Modèle 5)

Le tableau présenté ci-dessous montre une relation court et de long terme entre la production du riz, la pluviométrie, la température maximale et minimale, le taux d'humidité, le nombre de jours de pluie et la superficie emblavée.

Tableau 10 : Régression du modèle à correction d'erreur (Modèle5)

Relation de court terme		
Variable	**Coefficients**	**Probabilité**
C	28,953	0,0102
Trend	0,311	0,361
D(TMAX)	-3,402	0,128
CointEq(-1)	-0,516	0,000*
Relation de long terme		
PLUV	2,78	0,494
NBRE-JPLUIE	0,101	0,837
TMIN	23,133	0,048*
TMAX	-22,28	0,071
THUMID	5,139	0,131
SUPPATATEDCE	-0,0036	0,995
R2	0,68	
F	0,0023	

Source : Calcul de l'auteur à l'aide de l'eviews 10

***Significatif à 5%**

Les résultats présentés dans le tableau 10 montrent que la relation de cointégration entre les variables est valable à long terme. En effet le coefficient de la force de rappel est négatif et est statistiquement significatif. La variable TMIN (température minimale) prise individuellement est statistiquement significative. La valeur de la probabilité (0,048) associée à cette variable est inférieure au seuil de 5%. Les résultats du test de Fisher (0,0023) montrent que le modèle est globalement significatif. Le R carré qui égale à 0,68 montre que la qualité d'ajustement est moyennement bon.

IV.3.6. Changements observés ces trente dernières années pour le manioc et le riz

Le tableau 6 montre les différents changements relatifs au cycle cultural, à la superficie irriguée et non irriguée, à la qualité nutritionnelle et aux dates de semis du manioc et du riz. Ces éléments ont été relevés auprès de la population de Gihanga lors de l'enquête.

Tableau 11: Comparaison qualitative de l'évolution du riz et du manioc

Les années 1990					Les années 2000 à nos jours					
Cultures	Cycle végétatifs	Dates de semis	Superficie irriguée	Qualité nutritionnelle	Nombre de récoltes par an	Cycle végétatifs	Dates de semis	Superficie irriguée	Qualité nutritionnelle	Nombre de récoltes par an
Manioc	3à 4ans	Début octobre	Pas d'irrigation	Bonne	Plusieurs récoltes	Moins d'une année	Début septembre	Pas d'irrigation	Détérioration	Une seule récolte
Riz	Trois à 4 mois	Janvier	On pratiquait surtout le riz pluvial	Très bonne	Une seule fois	Trois mois	Novembre Février Juin			Deux récoltes

Source : auteur à partir des données d'enquête (septembre 2020)

Le cycle végétatif du manioc a quitté 2 à 3 ans dans les années 1990 pour être environ 8 mois dans les années 2000. Cela est dû à l'introduction de nouvelles variétés de manioc introduites à partir des années 2007. C'était pour s'adapter à la mosaïque qui attaquait les maniocs. 55% des enquêtés ont affirmé que cette maladie était présente dans la commune de Gihanga depuis longtemps mais a été aggravée par le changement climatique. Une proportion de 80% des enquêtés a aussi affirmé que la qualité du manioc des années 90 est très différentes de celle des années 2000.C'est le manioc des années 2000 qui avait une meilleure qualité. Dans les années 90, les agriculteurs faisait la récolte des maniocs plusieurs fois au cours de l'année. On faisait la récolte de manière progressive. Actuellement la récolte se fait une seule fois l'année (kurandura). A cause du changement climatique, les dates de mise en culture du manioc ont été modifiée. Avant la mise en culture se faisant au mois de septembre mais actuellement (2010-2020) elle se fait au mois de novembre.

La population de la commune de Gihanga porte plus d'avantage sur le riz grâce aux moyens financiers que cette culture procure aux ménages rizicoles. La culture du manioc est en voie de disparition dans la commune de Gihanga. Elle se pratique encore plus sur la colline de Gihugwe de cette commune. La farine de manioc consommée dans la commune de Gihanga provient des autres provinces comme Cibitoke et Bujumbura rurale.

Les rapports des années 1990 du MINAGRIE montrent que Gihanga dans l'Imbo centre l'agriculture du riz se faisait une seule saison par an. Au jour d'hui avec le système d'irrigation, nous avons deux saisons de riz pour la grande partie des exploitants de cette zone.

Il reste à savoir si la production du riz à compensé les pertes en production de maïs, manioc et haricot. Pour ce faire, l'analyse de la performance des systèmes de culture des années 1990 et celui de 2020 va nous faire une idée.

A. Trois cycles de cultures dans le périmètre irrigué à Gihanga

Le périmètre irrigué de Gihanga comporte les deux cycles du riz et un autre cycle de cultures vivrière (maïs, haricot, soja) ou maraichère (tomate, aubergine, concombre). Nous analysons ici deux cycles de riz avec le maïs pour la troisième saison pour faire le point sur la performance de ces trois cycles.

Tableau 12 : Productivité du système de culture a base du riz

Riziculture 1ere saison									
Production sur 24 ares									
Nom de la culture	**Unité**	**Production**	**Autoconsommée**		**Vendue**		**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
		Quantité	**Quantité**	**%**	**Quantité**	**%**			
Riz Paddy	Kg	900	450	50	450	50	1000	900000	
CHARGES					**Unité**	**Quantité**	**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
Semences					Kg	4	1000	4000	1
Engrais chimiques					Kg	36	1160	41760	12
Pesticides					Pompes	10	5600	56000	16
Travail salarial								242400	70
Total des Charges								**344160**	**100**
Travail Familial					H/J	18			
Marges									
Marge Totale									**555840**
Marge Brute par Unité de Surface (BIF/ares)									**23160**
Marge Brute par Homme jour Familial (BIF/HJ)									**30880**
Riziculture 2eme saison									
Production sur 24 ares									
Nom de la culture	**Unité**	**Production**	**Autoconsommée**		**Vendue**		**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
		Quantité	**Quantité**	**%**	**Quantité**	**%**			
Riz Paddy	Kg	900	450	50	450	50	1000	900000	

CHARGES		**Unité**	**Quantité**	**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
Semences		Kg	4	1000	4000	1,1623
Engrais chimiques		Kg	36	1160	41760	12,134
Pesticides		Pompes	10	5600	56000	16,272
Travail salarial		Are			242400	70,432
Total des Charges					344160	100
Travail Familial		H/J	18			
Marges						
Marge Totale						555840
Marge Brute par Unité de Surface (BIF/ares)						23160
Marge Brute par Homme jour Familial (BIF/HJ)						30880

Maïs 3ème saison

Production sur 24 ares

Nom de la culture	**Unité**	**Production**	**Autoconsommée**		**Vendue**		**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
		Quantité	**Quantité**	**%**	**Quantité**	**%**			
Graine de Maïs	Kg	450	149	33	301	67	550	247500	

CHARGES		**Unité**	**Quantité**	**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
Semences		Kg	6	650	3900	5
Engrais chimiques		Kg	0	1500	0	0
Pesticides		Pompes	0	5000	0	0
Travail salarial		H/J			78000	95
Total des Charges					**81900**	**100**
Travail Familial		H/J	12			
Marges						
Marge Totale						165600
Marge Brute par Unité de Surface (BIF/ares)						6900
Marge Brute par Homme jour Familial (BIF/HJ)						13800

La marge brute par are pour le riz est de 23163 FBU pour la première saison et la deuxième saison. Elle est supérieure à celle du maïs graine qui est de 13800 FBU.

Tableau 13 : La performance du système à manioc (en 2020

Un champ d'une superficie 24 ares									
Production									
Nom de la culture	**Unité**	**Production**	**Autoconsommée**		**Vendue**		**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
		Quantité	**Quantité**	**%**	**Quantité**	**%**			
Manioc	Kg	720	540	75	180	25	643	462960	73
Maïs	Kg	180	150	83	30	17	600	108000	17
Haricot	Kg	60	60	100	0	0	1100	66000	10
Total	Kg	960	750	78	210	22		636960	100
CHARGES					**Unité**	**Quantité**	**Valeur unitaire**	**Valeur total**	**%**
Semences					Kg			5880	12
Engrais chimiques					Kg			0	0
Engrais					Kg			0	0
Travail salarial					H/J	15	3000	45000	88
Total des Charges								50880	100
Marges									
Marge Totale								**586080**	
Marge Brute par Unité de Surface (BIF/ares)								24420	

Source : Auteur à partir des données d'enquête (septembre 2020)

Ce tableau montre que la marge brute par unité are pour un système de culture à base de manioc est estimée à 24420 FBU.

IV.3.7. Comparaison de la performance des systèmes à manioc et du riz

Dans les années 90, le système à manioc est associé aux cultures saisonnières de maïs et haricot pendant son premier cycle lorsque les plants sont encore jeunes. La durée totale du cycle est de trois à quatre ans. Quand la durée du cycle est de 4 ans, on peut espérer des rendements compris entre 150 et 250Kg/are (15 et 25 tonnes à l'hectare). Si le cycle ne dure que trois ans, le rendement est de 100 à 150 Kg/are (10 à 15 tonnes à l'hectare). Les résultats économiques montrent que la valeur ajoutée brute varie de 470 à 1330 FBU/are est de 230 à 440 FBU/jour de travail[3].

Les cultures annuelles associées des bas-fonds : Haricot+Maîs pendant la saison sèche et le riz pendant la saison pluvieuse. La valeur ajoutée par unité de surface variait de 1500 à 2500 et la rémunération du travail de 140 à 230FBU/jour de travail.

En 2011 le rendement du riz était estimé à 3872 Kg/ha (32,72 kg par are) en saison B et de 1813Kg/ha en saison C. Pour la même période, le rendement moyen annuel du manioc était de 4093Kg/ha soit 40,93Kg par are[4]. Actuellement (2020), le rendement du riz est estimé à 3750 Kg/ha(37,50 Kg l'are) et celui du manioc estimé à 3000Kg/ha(30kg/are)[5].

Tableau 14 : Comparaison de la performance du système à manioc et celui à riz

	1990	**2011**	**2020**
Rendement/are riz	19,5	32,72	37,5
Rendement/are manioc	250	40,93	30
VA/are manioc	1330	28800	23070
VA/are riz	2500	35420	30880

Source : Auteur

[3] Hubert Cochet 2001
[4] ENAB 2012
[5] Enquête de terrain (Septembre 2020)

Le rendement du manioc a sensiblement diminué pour la période allant de 1990 à 2020. Ce rendement a connu une diminution de 220kg soit 88% du taux de diminution. Le rendement du riz a légèrement augmenté au cours de cette période. Cette diminution de rendement est dû à la présence de la maladie mosaïque causée par le changement climatique. L'augmentation du rendement du riz est le résultat de l'intensification dans l'utilisation des engrais chimiques et des produits phytosanitaires.

En calculant les valeurs du riz du manioc et du riz au prix de 2020 pour les trois périodes, nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 15 : Non compensation de la diminution du rendement du manioc par le riz

	1990	2011	2020	Ecart entre 1990 et 2020	Valeur unitaire	Valeur totale
Rendement manioc	250	40,93	30	(220)	643	(141460)
Rendement riz	19,5	32,72	37,5	18	1000	18000

Source : Auteur

Les pertes monétaires subies avec la diminution du rendement de manioc sont évaluées 141.460 FBU tandis que les gains obtenus pour le riz sont de 18.000. Cela montre qu'il y a un grand gap pour que les gains de production du riz récompensent les pertes subies avec la diminution du rendement du manioc.

En général, les rendements des cultures de manioc, du haricot et du maïs ont connu une baisse les trente dernières années dans la commune Gihanga, affirment 85% des enquêtés de cette commune. Le rendement du riz, par contre a connu une hausse pendant cette période.

D'une façon ou d'une autre, les paramètres climatiques tels que la pluviométrie, la température moyenne, l'humidité et le nombre de jours de pluie ont une influence sur la production de maïs, du manioc, du haricot, du riz et de patate douce. Ce qui permet de valider la deuxième hypothèse qui stupide que le changement climatique a une influence négative sur la production des cultures vivrières.

Les producteurs agricoles étant conscients des impacts du changement climatique sur la production agricole, il reste à savoir si des mesures d'adaptation sont mises en œuvres par la population de la zone d'étude.

Au regard de ces innombrables conséquences des perturbations climatiques sur les activités et les conditions de vie des producteurs de la commune Gihanga, quelle est l'attitude de la population pour faire face aux effets qu'induisent ces changements ?

Ce sera la substance de la section suivante intitulée « Adaptation des pratiques culturales au changements climatique dans la commune de Gihanga ».

IV.4. Adaptation des pratiques culturales au changement climatique dans la commune Gihanga

Dans cette section nous aborderons les stratégies développées par la population face aux contraintes du changement climatique**.** Au regard des impacts agricoles du changement climatique, des stratégies de mitigation ont été formulées pour réduire davantage la vulnérabilité du paysannat aux contraintes climatiques et bioclimatiques dans la commune de Gihanga.

IV.4.1. Stratégies d'adaptation au changement climatique développées par les paysans

Le monde paysan est confronté à d'énormes difficultés qui agissent directement ou indirectement sur son quotidien. Au nombre de celles-ci, nous pouvons énumérer les problèmes liés à la fertilité du sol, à la disponibilité de terres fertiles, à la lutte contre les ravageurs des cultures, à l'accès au crédit agricole, etc. A tous ces problèmes s'ajoutent nombreux d'autres qu'engendrent le changement climatique et pour limiter les effets induits par ceux-ci, les producteurs agricoles développent des stratégies. Certaines stratégies développées par ces derniers sont relatives à plusieurs problèmes où les changements climatiques constituent un effet additif ; par contre d'autres sont spécifiques aux changements climatiques ; en d'autres termes, on ne saurait attribuer exclusivement toutes les stratégies développées par les producteurs agricoles pour garantir leur sécurité alimentaire et améliorer leur revenu aux effets induits par les changements climatiques.

Les stratégies d'adaptation développées par les populations locales de la commune Gihanga leur permettent de limiter les conséquences du changement climatique.

Les stratégies d'adaptation développées par ces populations locales ne sont que l'exploitation des savoirs locaux ou endogènes qu'elles ont emmagasinés ou l'adoption des savoirs exogènes introduits par les structures d'intervention.

IV.4.1.1. Intensification de l'utilisation des intrants

Pour la totalité des enquêtés de la zone d'étude, il est difficile de tirer une production acceptable des champs de maïs sans l'utilisation des engrais agricoles ou sans faire bénéficier aux plants l'arrière-effet des engrais utilisés la campagne agricole passée sur le riz, une connaissance qu'ils ont tirée avec la succession des cultures dans le temps.

Les changements climatiques et en particulier les péjorations pluviométriques constituent un effet additif aux problèmes de baisse de fertilité qui se posent au monde paysan. Et pour permettre aux plants de maïs de boucler leur cycle végétatif avant l'interruption des pluies et surtout en saison B, il faut apporter de l'urée. L'utilisation des produits phytosanitaires est aussi impérative pour lutter contre les maladies des plantes.

Cette utilisation intensive des intrants a des répercussions sur l'environnement à moyen et long terme, même s'ils permettent d'améliorer la production

IV.4.1.2. La pratique des cultures à cycle court

Cette pratique permet de faire coïncider au mieux le cycle de la culture avec la saison des pluies, et de réduire ainsi la période de stress hydrique en fin de cycle. A Gihanga, on a opté pour les cultures maraichères comme les choux, la tomate, les cocombres et autres légumineuses. On a introduit aussi les nouvelles variétés de haricot ayant 1,5 mois de cycle végétatif.

IV.4.1.3. Augmentation des emblavures et semis échelonnés

L'extension des emblavures totales reste et demeure une stratégie développée par les producteurs agricoles de la zone d'étude pour s'adapter au changement climatique. Pour 83% des enquêtés, l'accroissement des emblavures totales est un moyen pour maintenir à un niveau acceptable la production agricole annuelle en dépit de la baisse des rendements. Mais le problème se pose avec l'atomisation des terres causée par une forte poussée démographique. Ceux qui ont des moyens préfère louer des terres à cultiver.

Par ailleurs, les semis échelonnés sont une autre stratégie développée par les producteurs agricoles de la commune Gihanga dans le but d'une réponse adaptative aux péjorations pluviométriques.

Les semis échelonnés consistent à semer à différentes dates, la même culture sur des parcelles différentes. On enregistre des semis précoces, à bonne date et des semis tardifs. Dans la zone d'étude, 75% des enquêtés effectuent des semis échelonnés pour les principales cultures (haricot et maïs).

Une autre pratique en cours, consiste à faire des semis répétés pour faire face aux péjorations pluviométriques. Cette réponse adaptative consiste à semer plusieurs fois la même variété de culture sur les mêmes parcelles au cours de la même saison culturale. En effet, lorsque les précipitations connaissent un début tardif ou un arrêt en phase de croissance, les cultures jaunissent et sèchent surtout lorsque la poche de sécheresse ou la rupture des pluies est prolongée. A la reprise normale des pluies, le producteur procède au ''resemis''.

Ce resemis consiste à un remplacement des plants séchés par d'autres semences.

Cette pratique est souvent observée pour les cultures de maïs ; culture

Généralement installée dans la commune d'étude dès les premières pluies de saison.

IV.4.1.4. Association des cultures

Cette technique consiste à mettre plusieurs cultures dans un même champ pour la même saison. Il s'agit pour les agriculteurs de la commune Gihanga de faire la combinaison des différents systèmes de cultures. Le système de culture dominant est constitué par maîs+haricot+soja en saison B et manioc+haricot+soja pour la saison A.

IV.4.1.5. Adoption de nouvelles variétés de cultures

La population locale de la commune d'étude a continuellement modifié les systèmes culturaux de base en adoptant par exemple de nouvelles variétés de culture dans le but de répondre au contexte climatique actuel. En conséquence, certaines variétés de cultures héritées dites traditionnelles, qui pour l'essentiel ont un cycle long, sont en cours d'abandon.

Selon 30% des producteurs enquêtés, l'abandon des variétés traditionnelles de maïs, de haricot ou de manioc est dû aux péjorations pluviométriques enregistrées ces trente (30) dernières années. En effet, les variétés de maïs (maïs jaune) et de haricot ont un cycle long et sont exigeants en eau et à une bonne répartition des pluies.

L'ancienne variété de manioc, avec un cycle végétatif de 2ans a disparue au détriment d'une autre variété de manioc dont le cycle végétatif est de huit mois.

Ces variétés de cultures dites traditionnelles ont été remplacées par les variétés de culture à cycle court et à haut rendement. La compatibilité entre les exigences en eau et en température de ces nouvelles variétés de cultures, et les nouvelles conditions écologiques résultant de la dynamique du climat sont les motifs qui fondent leur adoption selon 67% des producteurs enquêtés.

IV.4.1.6. Mise en valeur des cours d'eau de la commune Gihanga

Une partie importante de la commune Gihanga est constituée par le périmètre irrigué de Mugerero. La rivière de Mpanda a été aménagée pour servir de l'irrigation pendant la saison sèche surtout pour les cultures du riz cultures préférées par les agriculteurs de Gihanga. Pour ces derniers, le riz est une culture qui fournit de la liquidité immédiate et sa production permet aux producteurs d'améliorer leur revenu.

L'analyse des informations fait dégager deux raisons qui semblent orienter la forte occupation de cet agrosystème par les producteurs. Il y a d'une part, la présence prolongée d'eau dans ces agrosystèmes et d'autre part leur fertilité. Cela permet aux riziculteurs de faire le semis pendant trois saisons. La rivière Kajeke est aussi utilisée pour l'irrigation dans les champs des particuliers. Cela permet de aux agriculteurs de cultiver pendant les trois saisons culturales (saison A, saison B et saison B).

Certains producteurs agricoles de Gihanga possedant des moyens utilisent des motopompes pour l'irrigation pendant la saison sèche.

Selon les propos des enquêtés, il se remarque une diminution progressive du niveau de la rivière Kajeke.

IV.4.1.7. Diversification des activités génératrices de revenu

Les producteurs, pour améliorer leur revenu, diversifient leurs activités. Dans la commune Gihanga , les activités auxquelles s'adonnent les producteurs agricoles, outre l'agriculture sont le commerce et l'élevage.

Il se dégage que face à la dégradation des conditions climatiques, les populations paysannes de la commune Gihanga n'est pas restée passive. Elle développe des stratégies qui leur permet de réduire sa vulnérabilité au changement climatique.

La troisième hypothèse qui dit que « Des mesures d'adaptation au changement climatique ne sont pas adoptées par la population de la commune Gihanga» est infirmée.

IV.4.2. Stratégies d'adaptation planifiées aux risques climatiques

L'adaptation des agriculteurs aux risques climatiques peut s'appréhender plus globalement en analysant les différentes stratégies que les agriculteurs adoptent dans la conduite de leur exploitation et au-delà, dans l'organisation de leur système d'activité. Plusieurs techniques pourraient être mises en œuvre par la planification ; certaines d'entre elles ont été identifiées dans le cadre du PANA :

- Mettre au point des méthodes de gestion de l'eau à des fins agricoles : conservation des eaux et des sols et la protection des cultures face aux extrêmes climatiques, irrigation de complément et irrigation à partir des eaux de surface (eaux souterraines) ;
- Encourager le développement des cultures irriguées, la diversification et l'intensification des cultures ;
- Mettre au point des variétés adaptées au stress hydrique et /ou à la chaleur
- Adopter les méthodes de gestion raisonnée de la fertilité des sols etc.
- Améliorer les prévisions météorologiques et saisonnières, et produire de nouvelles variétés de semences ;
- Former et conseiller dans le cadre de la promotion des exploitations familiales rurales ;
- Former les agriculteurs sur la production des engrais organiques ;
- La formation sur les techniques efficaces de restauration de la fertilité du sol.

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

La présente étude est une contribution à la connaissance des indicateurs de la dynamique du climat, des impacts du changement climatique sur la production des principaux systèmes de cultures et des stratégies d'adaptation en réponse aux effets induits par ces impacts.

Le monde paysan de la commune Gihanga, est confronté à d'énormes difficultés dans l'exercice de ses activités agricoles. Au nombre de celles-ci, nous avons les problèmes induits par le changement climatique.

Des résultats issus des perceptions des producteurs agricoles de la zone d'étude et des analyses réalisées à partir des données pluviométrique et thermique, nous pouvons dire que, le retard dans le démarrage de la saison pluvieuse, le départ précoce des pluies, les poches de sécheresse au cours de la saison pluvieuse, la chaleur excessive, sont les éléments qui caractérisent le climat ces trente (30) dernières années.

La perception des changements climatiques vécus par le monde paysan de la commune Gihanga est basée sur les savoirs endogènes emmagasinés au contact de l'environnement.

Ces changements climatiques ne sont pas sans conséquences sur la production agricole et le quotidien des producteurs agricoles. Sur le milieu, les conséquences se traduisent par la disparition de certaines espèces végétales (les bananes, les colocases…). Les conséquences du changement climatique sur le quotidien des producteurs se traduisent par les baisses de la production, la recrudescence de certaines maladies comme le paludisme, des infections respiratoires (toux, rhume), l'anémie et les maladies diarrhéiques. Sur le bienêtre, la baisse des rendements des activités agricoles en général entraîne l'épuisement rapide des stocks de produits agricoles et la réduction des revenus des ménages ce qui entraine par conséquent l'insécurité alimentaire.

Pour juguler les conséquences néfastes du changement climatique, les ménages agricoles développent et adoptent plusieurs stratégies. Ces stratégies sont puisées des savoirs endogènes mais aussi des savoirs exogènes. Au nombre de ces stratégies d'adaptation développées, nous pouvons citer :

- La diversification des activités de production pour sécuriser les revenus des ménages et l'intégration des cultures (surtout le riz, le maïs, le soja et des cultures maraichères) dans les systèmes culturaux ;
- Prolongation des dates de semis ;

- La gestion intégrée de l'eau et de la fertilité du sol ;
- L'adoption de nouvelles variétés de culture à cycle court ;
- L'intensification de l'utilisation des intrants agricoles ;
- Les semis échelonnés et resemis ;
- La modification de l'ordre de semis des cultures au cours de la saison agricole ;
- L'abandon progressif du calendrier agricole empirique ;

Les résultats obtenus, au cours de cette étude, constituent des fondements et des repères pour la prise de décisions dans l'ambition de réduire la vulnérabilité de l'agriculture et donc des populations de commune Gihanga aux nouvelles donnes climatiques actuelles et futures.

Suggestions

Aux vues des résultats issus de cette étude, certaines suggestions méritent d'être formulées pour mieux accompagner les producteurs agricoles dans la lutte contre les effets du changement climatique.

- La mise en place d'un système d'alerte rapide et sûr qui permettrait à la population de Gihanga d'être informée des perturbations climatiques éventuelles ;
- Elaborer une bonne politique de mécanisation agricole et de maitrise de l'eau qui tient compte du changement climatique ;
- Encourager le reboisement et l'agroforesterie surtout sur les collines qui surplombent la commune Gihanga pour diminuer les inondations et maintenir les niveaux d'eau des rivières Mpanda et Kajeke même pendant la saison sèche ;
- Adopter les systèmes de paillage pour les cultures afin d'assurer la meilleure gestion de l'eau de la nappe phréatique ;
- La multiplication de nouvelles variétés plus adaptées aux conditions climatiques actuelles pour améliorer la production agricole ;
- Une franche collaboration entre les producteurs et les différents acteurs impliqués dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique est indispensable.
- Les producteurs doivent être mieux organisés en groupe pour la gestion des dispositifs d'accompagnement à mettre à leur disposition ;
- Les producteurs de Gihanga devront mettre à contribution leur savoir et savoir- faire pour une conjointe collaboration avec les centres de recherche et d'encadrement afin de disposer des actions durables d'accompagnement.

A l'issue de cette recherche, de nombreuses perspectives se dégagent pour la suite des recherches sur l'interface agriculture durable et changement climatique.

Il s'agira de:

- Etudier la durabilité socio-économique des mesures endogènes développées par les producteurs et des stratégies d'adaptation introduites pour faire face au changement climatique ;
- Etudier la vulnérabilité écologique des écosystèmes exploités par les producteurs ;
- Projeter l'évolution du climat dans les années à venir et ses incidences sur la production agricole ;
- Etudier la performance des techniques d'adaptation au changement climatique adopté par la population locale pour trouver les meilleurs ;
- Analyser l'incidence de l'augmentation de la population sur le changement climatique

En définitive, les problèmes de la faible production agricole, des déficits de rendements culturaux méritent donc d'être posés à une échelle locale à travers une évaluation, avec les communautés paysannes, de leur propre vulnérabilité et de celle de leurs secteurs d'activités face au changement climatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abayisenga O., 2018 : Enjeux sur l'Evaluation de la vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques. Module de formation

Adelphi/EURAC (2014), Guide de référence sur la vulnérabilité

ADEME, 2013 : Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique

Agbossou, E. Akponikpé I. (1999) Changements climatiques et impacts sur la production de maïs (Zea mays) au Sud-Bénin

Banque Mondiale (2014), Analyse environnementale Burundi

Banque mondiale (2019), Evaluation rapide d'impact environnemental par l'installation de 5 camps de réfugiés dans la région Nord Est du Burundi,

Bertrand Doukpolo (2014). Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine. Sciences de la Terre. Université de Abomey-Calavi; Docteur en Géographie et Géosciences de l'Environnement (Agroclimatologie et Développement).

BISORE Simon 2006, La problématique climatique au Burundi Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN)/ Burundi

BURUNDI, (2018-2019). Plan national de développement 2018-2027,

Dr Christina Bollin et al, 2014 : Analyse intégré de vulnérabilité au Burundi.

Dimon, R., 2008 : Adaptation aux changements climatiques : perceptions, savoirs locaux et stratégies d'adaptation développées par les producteurs des communes de Kandi et de Banikoara, au Nord du Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, Abomey–Calavi, FSA/ UAC. 209 pages

Rapport final de l'analyse de vulnérabilité face au changement climatique, au niveau national et local

Evaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques. Manuel du formateur. Bujumbura, Février 2018.

FAO (2016), the state of food and agriculture: Climate change, agriculture and food security

Ir. EPAPHRAS ND. (2019), Rapport compilé définitif des études d'analyse de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques au Burundi sur les secteurs : agriculture, énergie, ressources en eau, écosystèmes forestiers et paysages, sante, transports et bâtiments

GIEC (2014), Changements climatiques 2014. Incidences, adaptation et vulnérabilité. Résumé à l'intention des décideurs,

GIZ (2014), Analyse de la vulnérabilité locale Vol II (ACCESS)

GIZ (2014), Bonnes pratiques d'adaptation au changement climatique pour la protection des ressources en eau et sol : Une contribution à la résilience des populations au Burundi

GIZ (2014), Etude sur la vulnérabilité nationale au changement « Adaptation au Changement Climatique pour la protection des ressources en Eau et Sol » (ACCES) vol III

GIZ (2010). Guide de référence sur la vulnérabilité, concepts et lignes directrices pour la conduite d'analyse de vulnérabilité standardisées.

GIZ. (Avril 2014). Rapport sur le changement climatique au Burundi.

Hortense REGNAUT (2019), Evaluer la Vulnérabilité Climatique Écosystémique et Humaine dans les Contextes Humanitaires : Théorie et mise en application dans les camps de réfugiés de la province de Gitega, Burundi

IGEBU, 2018 : Etude sur la variabilité et changement climatique au Burundi : IMPACTS ET OPTIONS D"ADAPTATION

Institut Géographique du Burundi (IGEBU). (Août 2018). Etude de la variabilité et des changements climatiques au Burundi.

ISTEEBU (2008). Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH)

ISTEEBU (2013). Rapport des projections démographique 2008-2013

MEATU (2001). Première Communication Nationale sur les changements climatiques.

MEATU (2010). Seconde Communication Nationale sur les changements climatiques

MEAE (2019). Troisième Communication Nationale sur le Changement Climatique (TCNCC),

MEEATU 2013, Stratégie Nationale et Plan d'Actions sur le changement climatique,

MEEATU, **(2011)**. Stratégie Nationale et Plan d'Actions de Lutte contre la Dégradation des Sols

MEEATU (2013). Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'Imbo, 38p.

NTAKIMAZI Gaspard 2006, Préparation du Plan d'action national d'adaptation au changement climatique au Burundi, Mai 2006,

Olivier A. 2018, Etude sur la variabilité et changement climatique au Burundi Politique Nationale de l'Eau,

Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PANA). Ministère de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de l'Environnement. Bujumbura, Janvier 2007.

Sabushimike, J.M., 2016 : Circonstances nationales liées aux changements climatiques Stratégie Nationale et Plan d'Actions en matière de Diversité Biologique, Stratégie de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophe, la Stratégie Nationale de lutte contre la Désertification,

USAID (2011), Guide Méthodologique Pour L'Evaluation de la Vulnérabilité au Changement Climatique au Niveau Communautaire

.

ANNEXES

Annexe 1 : Les résultats détails de l'Eviws 10

ARDL Error Correction Regression
Dependent Variable: D(PRODHARICOT)
Selected Model: ARDL(1, 1, 0, 0, 1, 1, 1)
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend
Date: 10/25/20 Time: 09:17
Sample: 1990 2019
Included observations: 29

ECM Regression
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	64.57053	13.77343	4.688048	0.0002
@TREND	0.357072	0.076116	4.691148	0.0002
D(PLUV)	0.043707	0.216179	0.202179	0.8423
D(TMAX)	-0.549718	0.392169	-1.401740	0.1801
D(THUMID)	0.132516	0.123939	1.069210	0.3008
D(SUPHARICOT)	-0.006144	0.021457	-0.286361	0.7783
CointEq(-1)*	-0.169568	0.035648	-4.756769	0.0002

Levels Equation
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PLUV	3.042083	4.709443	0.645954	0.5275
NBRE_JPLUIE	-0.189059	0.286969	-0.658813	0.5194
TMIN	0.269046	4.915188	0.054738	0.9570
TMAX	-10.95126	11.65879	-0.939313	0.3615
THUMID	-1.303533	2.413502	-0.540100	0.5966
SUPHARICOT	-0.384358	0.506126	-0.759411	0.4587

Date: 10/25/20 Time: 09:12
Sample (adjusted): 1992 2019
Included observations: 28 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: PRODHARICOT PLUV NBRE_JPLUIE TMIN TMAX THUMID SUPHARICOT
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.919903	207.6571	125.6154	0.0000
At most 1 *	0.869935	136.9706	95.75366	0.0000
At most 2 *	0.729449	79.85843	69.81889	0.0064
At most 3	0.550432	43.25415	47.85613	0.1265
At most 4	0.395728	20.86903	29.79707	0.3659
At most 5	0.206121	6.764586	15.49471	0.6052
At most 6	0.010710	0.301492	3.841466	0.5829

Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

ARDL Error Correction Regression
Dependent Variable: D(PRODHARICOT)
Selected Model: ARDL(1, 1, 0, 1, 1, 1)
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend
Date: 10/25/20 Time: 09:43
Sample: 1990 2019
Included observations: 29

ECM Regression
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	68.86535	14.13000	4.873699	0.0001
@TREND	0.402435	0.080642	4.990409	0.0001
D(PLUV)	0.127756	0.213490	0.598419	0.5574
D(TM)	-0.528765	0.550678	-0.960206	0.3504
D(THUMID)	0.139433	0.127364	1.094760	0.2889
D(SUPHARICOT)	-0.014982	0.021014	-0.712961	0.4855
CointEq(-1)*	-0.095821	0.019383	-4.943441	0.0001
R-squared	0.616825	Mean dependent var		0.535172

Levels Equation
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PLUV	7.474636	12.43462	0.601115	0.5557
NBRE_JPLUIE	-0.268938	0.453811	-0.592622	0.5612
TM	-25.29593	42.65765	-0.592999	0.5610
THUMID	-3.299542	6.365892	-0.518316	0.6109
SUPHARICOT	-0.741990	1.321250	-0.561582	0.5817

Null Hypothesis: RESIDU has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Bandwidth: 18 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-4.480127	0.0067
Test critical values:	1% level	-4.309824	
	5% level	-3.574244	
	10% level	-3.221728	

ARDL Error Correction Regression
Dependent Variable: D(PRODRIZ)
Selected Model: ARDL(1, 1, 0, 0, 0, 0, 1)
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend
Date: 10/25/20 Time: 09:57
Sample: 1990 2019
Included observations: 29

ECM Regression
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	44.16520	9.399920	4.698465	0.0002
@TREND	0.592541	0.315278	1.879420	0.0765
D(PLUV)	2.799612	1.266423	2.210645	0.0402
D(SUPRIZ)	-0.131104	0.030329	-4.322760	0.0004
CointEq(-1)*	-0.651173	0.121135	-5.375604	0.0000
R-squared	0.692581	Mean dependent var		-1.353448

Levels Equation
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PLUV	-2.583548	4.003295	-0.645355	0.5268
NBRE_JPLUIE	0.788610	0.328651	2.399539	0.0275
TMIN	-0.129514	7.019466	-0.018451	0.9855
TMAX	0.922575	5.434866	0.169751	0.8671
THUMID	-1.647425	1.977286	-0.833175	0.4157
SUPRIZ	-0.074970	0.097958	-0.765327	0.4540

Annexe 2 : Questionnaires d'enquête

OUTILS DE COLLECTE DE DONNEES (QUESTIONNAIRE)

I. Groupes cibles : Ménages ruraux et Paysans

Le présent questionnaire est destiné aux Ménages ruraux, Paysans. Il a pour but de collecter les informations et d'appréhender les indicateurs, les perceptions et les stratégies d'adaptation des populations à l'évolution du climat, les mutations intervenues dans les systèmes culturaux dans un contexte climatique marqué par une variabilité pluviométrique. Il vise également à dresser de façon détaillée l'ampleur desdites mutations dans les communautés rurales de la commune Gihanga depuis les trois dernières décennies.

La présente recherche s'inscrit dans le cadre des travaux d'un mémoire de master dans l'option « Economie rurale, sociale et environnement », spécialité « Economie de l'environnement et des ressources naturelles ».

a) Identification de l'enquêté

- Nom et prénom :
- Ancienneté dans la localité :
- Age :

b) Sources de revenu autres qu'agriculture

Avez-vous des sources de revenu autre que l'agriculture ? Oui ☐ on ☐

Si oui, lesquelles ?

c) Superficie de terres emblavée par ménage

- 1 ha	1 – 1,5 ha	2 à 3,5 ha	4 à 5,5 ha	6 à 7,5 ha	8 à 10 ha	10 ha et +

d) Qualité des terres

Médiocre	Peu fertile	Fertile	Très fertile

e) Cultures pratiquées

Haricot	Mais	Sorgho	Coton	Sésame	Riz	Manioc	Igname	Arachide

f) Quelles sont parmi les cultures pratiquées celles qui sont récemment introduites dans votre localité ?

g) Comment peut-on expliquer leur introduction ?

Raisons d'introduction des nouvelles cultures	**Oui**	**Non**
L'arrivée d'autres groupes sociaux		
Changements dans les habitudes alimentaires consécutifs aux changements climatiques		
Adaptation facile aux conditions climatiques actuelles du milieu		
Autres (à préciser)		

h) Quelles sont les cultures que vous ne pratiquez plus ?

Raisons d'abandon de certaines cultures	Oui	Non
Changement climatique		
Baisse de la fertilité des sols		
Autres (à préciser)		

i) Quels sont les produits alimentaires consommés dans votre commune ?

	Haricot	Mais	Sorgho	Coton	Sésame	Riz	Manioc	Igname	Arachide
Oui /Non									
Rang									

j) Instruments agricoles utilisés

Houe	Machette	Motoculteur	Hache	Autres (a citer)

k) Techniques utilisées

Rotation	Culture surbrulie	Semis échelonné	Jachère

l) Autres techniques utilisées par culture

	Haricot	Mais	Sorgho	Coton	Sésame	Riz	Manioc	Igname	Arachide
Système de fertilisation									
Système d'irrigation									
Autres systèmes									

m) Evolution des rendements au cours des dix dernières années par culture

	Haricot	Mais	Sorgho	Coton	Sésame	Riz	Manioc	Igname	Arachide
Baisse									
Stagnation									
Augmentation									

n) Cause des variations des rendements agricoles

	Haricot	Mais	Sorgho	Coton	Sésame	Riz	Manioc	Igname	Arachide
Fluctuations climatiques									
Choix de Variétés									
Changement des systèmes de culture									
Baisse de la fertilité des sols									
Autres à préciser									

o) Causes des variations de la production et de la productivité agricole globale

	Haricot	Mais	Sorgho	Coton	Sésame	Riz	Manioc	Igname	Arachide
Fluctuations climatiques									
Variation Des superficies emblavées									
Faiblesse des prix des produits agricoles									
Autres à préciser									

p) Le climat, par son effet sur la production, a-t-il un effet sur le revenu ?

Oui ☐ **Non** ☐ **pourquoi ?**

……

…….

q) Les saisons agricoles se déroulent-elles de la même façon qu'auparavant ? Oui Non ☐ ☐

Pouvez vous nous expliquer comment et pourquoi ?

……

……

r) Quel est d'après vous le facteur qui a le plus d'effets sur la production agricole ? Cochez la réponse par ordre d'importance

Précipitations	**Température**	**Sol**	**Autres (préciser)**

s) Evénements climatiques extrêmes et leurs impacts sur la production agricole

- **Sécheresse**

Terminologies	
Manifestations	
Années/périodes	
Autres repères	

- ***Excès pluviométriques et inondations***

Terminologies	
Manifestations	
Années/périodes	
Autres repères	

t) Quelles sont les stratégies que vous aviez adoptées pour lutter contre les effets des sécheresses vécues ?

Mesures prises	Contraintes liées aux mesures

u) Quelles sont les stratégies que vous aviez adoptées pour lutter contre les effets des excès pluviométriques et inondations connus ?

Mesures prises	Contraintes liées aux mesures

v) Indicateurs et état des connaissances des agriculteurs sur le changement climatique (CC)

Indicateurs sur le CC	**Etat des connaissances sur le CC**

Evoluons-nous vers des années de plus en plus sèches ? **Oui** ☐ **Non** ☐

Evoluons-nous vers des années de plus en plus pluvieuses ? **Oui** ☐ **Non** ☐

Avez-vous remarqué un changement climatique au cours des dernières années ? Oui ☐ ***Non*** ☐ Si oui, comment ?

…….....

.....

Température élevée	Baisse des précipitations	Autres (préciser)

Ce changement a-t-il eu un effet sur la production agricole ? **Oui** ☐ **Non** ☐

Si oui, comment ?

Argumentez :……

..... ……..

Ce changement a-t-il eu un effet sur les rendements agricoles ? **Oui** ☐ **Non** ☐

Si oui, comment ?

Argumentez :……

.....

Ce changement a-t-il eu un effet sur le niveau de vie des ménages ? **Oui** ☐ **Non** ☐

si oui, comment ?

Argumentez :……

.....

Etes-vous informé des changements climatiques futurs ? **Oui** ☐ **Non** ☐

Si oui, par qui ?

Journées d'information	
Membres de la famille	
Voisins agriculteurs	
Vulgarisateurs agricoles	
Brochures de vulgarisation	
Voisins non agriculteurs	
Autres moyens	

Quels sont les indicateurs écologiques de l'évolution du climat dans votre localité ?

.....

.....

Prenez-vous des mesures d'adaptation au changement climatique ? **Oui** ☐

Non ☐

Si oui, lesquelles ?

……

Comment essayez-vous de vous adapter à la variabilité actuelle du climat ?

……

Prenez-vous des décisions, qui soient en rapport avec l 'évolution du climat, pour la préparation et le suivi de la campagne agricole ? **Oui** **Parfois** ☐ ☐

Non ☐

Si oui, quelles sont ces décisions ?

……

Pensez-vous qu'il y a d'autres mesures d'adaptation au changement climatique que vous êtes actuellement incapable de suivre par manque de moyens ?

Mesures d'adaptation	Facteurs empêchant leur mise en œuvre

Pourriez-vous faire un commentaire sur les conséquences de l'évolution du climat sur l'agriculture dans votre localité ?

……
……
…..

Annexe 3 : Chronologie des événements extrêmes au Burundi

Année	Type d'événement	Régions touches	Conséquences
22.12.1889	Eclipse solaire	Tout le pays	Epidémie et épizootie, accidents climatiques et ravageurs des cultures, disettes et famines
1891–1897	Peste bovine (Muryamo), fièvre aphteuse , variole (akaranda) pian (ikinyoro) famine urwagunda	Tout le pays	• Perte de plus de la moitié du troupeau national • Mort de la moitié de la population burundaise
1905	Trypanosomiase (humaine et animale)	–Toute l'Afrique de l'Est –Région de l'Imbo	• Disparition de Presque toute la population de l'Imbo • Envahissement de l'Imbo par les bêtes sauvages • Une famine et une sécheresse dans tout le pays
1903–1904	La famine Gakwege	Tout le pays	• Perte de vies humaines • Refugiés vers les pays limitrophes
1910–1911	Famine kazuba	Tout le pays	
1911–1913	Peste bovine	Est du Burundi	• 20% du bétail meurt dans l'est du pays
1913–1914	Variole	Tout le pays	
1920–1926	Famine Ruyaga	Nord–Est du pays	• 40 000 décès dans le territoire de Muyinga
1929–1930	Famine Rwakayihura	Tout le nord du Burundi en particulier le Buyenzi	
1943–1944	Famine Manori	Mugamba et le Bututsi, Bugesera, Bweru et Buyogoma	
1974, 1984 et 1999–2000	Sécheresse	Nord–Est du pays	• Une famine généralisée dans la province de Kirundo , des réfugiés écologique, des cas de décès enregistrés surtout les personnes âgées et les enfants.
1991	Grêle	Dans les plateaux centraux	• Des pertes en récoltes vivrières
1937, 1941, 1950,	Les pluies torrentielles et	Ville de Bujumbura et Bubanza	• Destruction des infrastructures (Route, maisons….)

1960, 1961 à 1964, 1983, 1986, 1989 et 199	surtout les inondations		
1961 et 1964	Fortes pluies et inondations, montée du niveau lac Tanganyika	Ville de Bujumbura et Gatumba	• Inondations de la ville • Coupure des routes Bujumbura Uvira et Bujumbura Rumonge • Refugiés écologiques dans les communes de Gihanga et Mpanda
2004 et 2005	Crise alimentaire	Tout le pays	• Pertes de vies humaines
2014	Inondations	Quartiers Gatunguru, Carama, Buterere	• Destruction des maisons, des voitures, des objets ménagés et des routes • Des personnes mortes (plus de 40 personnes) et d'autres blessées
Depuis 1999	Perturbations climatiques	Bugesera	• Arrivée tardive et départ précoce des pluies ce qui entraine la baisse de la production agricole
En 1982	Des vents violents	Bujumbura	• Destruction d'une partie de l'Aéroport international de Bujumbura et un accident d'un petit avion.
2017	Sécheresse	Plaine de l'Imbo	Perte de la production agricole et des vies humaines
2019 à nos jours	Pluies torrentielles Montée du niveau du lac Tanganyika	Tout le pays surtout dans la ville de Bujumbura, dans les provinces de Bujumbura, Cibitoke et Bubanza	• Destruction des infrastructures, des voitures et des objets ménagers ; • Pertes de vies humaines ; • Déplacement de la population • Pertes des récoltes