



Analyse des déterminants de la résilience communautaire face aux risques environnementaux dans la province de Kirundo au Burundi

Serge NGENDAKUMANA^{1*}, Ertha Charlene IRAKOZE², Désiré KUBWIMANA³,
Athanasie NKUNZIMANA⁴, Ferdinand NDUWINDAVYI², Jonas NIYONKURU⁵ et
Audace NIYONZIMA¹

¹Centre Universitaire d'Etude et de Recherche-Développement en Agroéconomie (CERDA), Université du Burundi, Avenue de l'UNESCO, BP 2740 Bujumbura, Burundi.

²Université du Burundi, Blvd. de l'UPRONA, PB 1550 Bujumbura, Burundi.

³Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE), Université du Burundi, Blvd de l'UPRONA, B.P 1550 Bujumbura-Burundi.

⁴Centre de Recherche et d'Études sur le Développement dans des Sociétés en Reconstruction (CREDSR), Université du Burundi, Blvd de l'UPRONA, B.P 1550 Bujumbura-Burundi.

⁵Centre Universitaire de Recherche pour le Développement Economiques et Social (CURDES), Université du Burundi, Blvd de l'UPRONA, B.P 1550 Bujumbura-Burundi.

*Auteur correspondant ; E-mail : serge.ngendakumana@ub.edu.bi

Received: 08-10-2024

Accepted: 26-02-2025

Published: 28-02-2025

RSEUME

La maîtrise des enjeux liés aux risques environnementaux surtout climatiques demeure un défi auquel font face plusieurs spécialistes du domaine socio-écologique. Cette étude explore les facteurs déterminants de la résilience communautaire dans la province Kirundo, au Burundi. Les données utilisées ont été collectées dans trois communes à travers un questionnaire d'enquêtes, un guide d'entretien et une grille d'observation pour avoir des informations fiables. Au total, 252 ménages ont constitué notre taille de l'échantillon. Les résultats ont indiqué que 62,70% des personnes enquêtées affirment qu'elles ont été victimes d'une variabilité des paramètres climatiques avec une prolifération de plusieurs ravageurs. Les cultures comme le *Grevillea robusta*, *Calliandra calothyrsus*, *Carica papaya* L., *Azadirachta indica*, *Capsicum annum* ont été adoptées par les communautés de Kirundo pour faire face aux risques environnementaux. L'investigation a noté que 79,76% et 92, 26% ont adopté respectivement des techniques d'adaptation et des stratégies d'adaptation aux défis environnementaux. Cette étude a révélé un processus de résilience communautaire par une mobilisation des capacités d'anticipation et de préparation des acteurs. L'analyse des perceptions prouve que l'association des cultures, le paillage, le traçage des courbes de niveaux, et les biofertilisants, tous tendant vers les initiatives agroécologiques, figurent parmi les moyens d'adaptation que la population adopte face aux risques menant ainsi vers une résilience communautaire soutenable. Il convient de noter que la recherche pourrait raffiner le modèle et étendre l'étude sur les autres zones agroécologiques vulnérables en intégrant des interactions entre variables ou en explorant davantage les relations non linéaires à travers des plateformes multi acteurs comme l'agroécologie au service des communautés.

© 2025 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Burundi, perception communautaire, défis environnementaux, agroécologie, stratégies.

Analysis of the determinants of community resilience to environmental risks in Kirundo province, Burundi

ABSTRACT

Mastering the issues linked to environmental risks, especially climatic risks, remains a challenge faced by several specialists in the socio-ecological field. This study explores the determining factors of community resilience in Kirundo province, Burundi. The data used was collected in three municipalities through a survey questionnaire, an interview guide and an observation grid to obtain reliable information. A total of 252 households made up our sample size. The results indicated that 62.70% of the people surveyed affirm that they have been victims of variability in climatic parameters with a proliferation of several pests. Crops such as *Grevillea robusta*, *Calliandra calothyrsus*, *Carica papaya* L., *Azadirachta indica*, *Capsicum annum* have been adopted by Kirundo communities to cope with environmental risks. The survey noted that 79.76% and 92.26% adopted coping techniques and adaptation strategies to environmental challenges, respectively. This study revealed a process of community resilience through the mobilization of the anticipation and preparation capacities of stakeholders. The analysis of perceptions proves that the association of crops, mulching, tracing of contour lines, biofertilizers which recall agroecological practices and stand among the means of adaptation that the population adopts in the face of risks, thus leading to sustainable community resilience. It should be noted that further research could refine the model and extend the study to other vulnerable agroecological zones by integrating interactions between variables or by further exploring non-linear relationships through multi-stakeholders platforms such as community-based Agroecology.

© 2025 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Burundi, community perception, environmental challenges, agroecology, strategies.

INTRODUCTION

L'adaptation aux risques environnementaux constitue depuis plusieurs décennies un défi majeur pour l'humanité (Georgescu-Roegen, 1971; Smith et Stern, 2017). La situation climatique actuelle est surtout marquée par des perturbations météorologiques qui se manifestent dans le monde entier par l'occurrence et la fréquence de phénomènes extrêmes difficiles à éviter et qui nécessitent d'importantes capacités d'adaptation (IPCC, 2014; Ochieng et al., 2016). Ces dernières, dépendent des stratégies adoptées et des moyens disponibles qui rendent les pays africains très vulnérables face aux risques et catastrophes (inondations, sécheresses, chaleur, etc.) qui iront en s'aggravant (Abdoul, 2010; Sultan et al, 2015). L'adaptation, qui est étroitement liée à la résilience des communautés, est une nécessité plutôt qu'une option pour ces communautés vulnérables. Cependant, malgré la contribution potentielle de la réduction des risques liés aux aléas naturels, le concept théorique de risques naturels, le concept

théorique de résilience et son opérationnalisation restent sous-explorés (Adger, 2006).

Au Burundi, l'économie est dominée par l'agriculture de subsistance elle-même tributaire des pluies saisonnières. C'est cette agriculture qui contribue de fait pour près de la moitié du Produit Intérieur Brut (PIB) et apporte près de 80% des recettes d'exportations et plus de 95% sont assurés par l'agriculture (République du Burundi, 2018). Cet état de fait démontre à suffisance combien le Burundi reste vulnérable au changement climatique et aux effets d'El-Nino; le secteur agricole étant directement ou indirectement affecté par les risques environnementaux (Ngendakumana et al., 2023; Diaby et al., 2020). De fait, les événements climatiques extrêmes tels que la montée de température, la sécheresse agricole intense, l'excès de pluviométrie sont à l'origine de nombreuses conséquences environnementales et écologiques notamment : les glissements de terrain, la prolifération des ravageurs des plantes, l'apparition des maladies des plantes et la destruction des cultures, qui

tous contribuent à la diminution de la production agricole et à l'insécurité alimentaire (Sultan et al., 2015). La province de Kirundo, au nord du pays, est confrontée à ces événements climatiques extrêmes qui perturbent les systèmes de cultures (OIM, 2022). La sécheresse et les inondations sont parmi les principaux facteurs de vulnérabilité de la région et enregistre chaque année des signes tels que le retour tardif et parfois brutal des pluies, des températures élevées, une sécheresse inhabituelle et une perturbation du calendrier agricole (PANA, 2007).

En 2022, le PAM (Programme alimentaire mondial) a assisté 130.000 personnes touchées par les effets du changement climatique dont 20 000 ménages de la province de Kirundo. Selon le rapport des acteurs humanitaires en février 2022, il a été constaté que quatre communes de la province de Kirundo en l'occurrence Bugabira, Kirundo, Gitobe et Vumbi avaient enregistré des pertes surtout liées à la destruction totale de la plupart des cultures annuelles, telles que le maïs, le haricot, les colocases, les pommes de terre, le riz, etc. qui constituent la base des menus des ménages ruraux (OIM, 2022). Ces pertes mettent d'avantages à risques les conditions de vie pour la plupart des gens. La vulnérabilité de la plupart de ces communautés rurales réside dans le fait qu'ils dépendent de ces ressources agricoles qui sont tributaires des variabilités climatiques (Akpovi et Vissoh, 2022) et il subsiste des lacunes quant à la connaissance scientifique des déterminants majeurs qui sous-tendent la résilience communautaire face aux risques environnementaux qui s'accroissent au fil des années.

Les incertitudes sur l'évolution des risques environnementaux et la compréhension limitée sur la perception communautaire face aux risques environnementaux dans cette partie du pays contribuent à l'exacerbation de la vulnérabilité des communautés rurales au Burundi. Une étude réalisée par Irakoze en 2023 a noté que la relation entre les lacunes sur la connaissance des déterminants socio-économiques et environnementaux, ainsi que des politiques et pratiques sectorielles

inappropriées au niveau communautaire, est cruciale pour comprendre l'impact sur le changement climatique et la résilience communautaire. Les lacunes de connaissance entravent la compréhension des impacts socio-économiques et environnementaux des activités humaines ainsi que les stratégies résilientes d'adaptation face aux risques. Plusieurs auteurs affirment qu'une meilleure compréhension des déterminants socio-économiques et environnementaux, associée à des politiques et pratiques adaptées, est essentielle pour renforcer la résilience des communautés face aux défis du changement climatique (Andres et Lebailly, 2013; Sutan et al., 2015 ; Ndiglembaye, 2022 ; Pona et al., 2023).

Ainsi donc, sans une évaluation adéquate de ces impacts, les paysages communautaires cultivés resteront vulnérables et il est difficile de mettre en place des politiques et pratiques sectorielles efficaces pour renforcer la résilience communautaire face au changement climatique (Mounir, 2018). Le risque qui perdure est que les politiques et pratiques sectorielles inappropriées au niveau communautaire peuvent aggraver la vulnérabilité des communautés aux changements climatiques en négligeant les aspects socio-économiques et environnementaux locaux (Andres et Lebailly, 2013).

La présente étude avait donc pour objectif de fournir un éclairage sur les facteurs déterminants de la résilience communautaire dans la province Kirundo au Nord du Burundi afin de ressortir une base d'informations robustes permettant de formuler des options de résilience communautaire et d'élaborer des techniques et stratégies d'adaptation face des risques environnementaux.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la province de Kirundo au Nord-Est du Burundi, un pays montagneux à climat tropical tempéré par l'altitude et couvrant une superficie de 27.834 km². Il fait frontière avec la République du

Rwanda au Nord, la République Démocratique du Congo à l'Ouest et la République Unie de Tanzanie au Sud et à l'Est. La province de Kirundo est située au Nord du Burundi. Elle est limitée au Nord et à l'Ouest par la République du Rwanda et la province de Ngozi. Au Sud et à l'Est, elle fait frontière commune avec la province Muyinga. Sa superficie de 1.703,34 Km² représente 6,1% de la superficie nationale.

La Figure 1 donne une vue d'ensemble de la localisation des communes investiguées (Vumbi, Kirundo et Gitobe) vis-à-vis des autres communes avec leurs limites administratives qui constituent ladite province.

Matériel et techniques d'échantillonnage

L'étude a été menée dans trois communes de la province de Kirundi au Nord du Burundi à savoir la commune de Kirundo, Vumbi et Gitobe. Elle est basée sur une collecte de données qualitatives et quantitatives. Les données primaires ont été collectées du 04 janvier au 15 février 2024 au moyen d'enquêtes par questionnaire digitalisée dans le logiciel KoboCollect et par guide d'entretien avec les personnes cibles ainsi que les grilles d'observation.

Suite à la méconnaissance de la base de sondage de la population cible (les chefs de ménages agricoles), l'échantillonnage des volontaires a été utilisé pour choisir ces chefs de ménages. Moyennant cette méthode, l'entretien se fait avec toute personne qui accepte de donner des informations, à condition de faire partie intégrante de la population cible. Cela a eu lieu après avoir déterminé la taille de l'échantillon dans une population cible de 729 personnes regroupées dans trois coopératives des communes de Kirundo, Vumbi et Gitobe. Mathématiquement parlant, la formule utilisée est celle de Réa et Richard (1997). L'équation ci-dessous a donc été utilisée :

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

Où n : taille de l'échantillon ;

N : taille de la population totale

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

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

Y : marge d'erreur de 5%.

L'échantillon a été pris au seuil de 95% donc à l'intervalle de confiance de 5% prenant la valeur de 1,96. Ainsi en appliquant la formule, nous avons trouvé un échantillon :

$$n = \frac{1,96^2 + 0,5(1 - 0,5) * 729}{1,96^2(1 - 0,5) + (729 - 1) * 0,05^2} = 252,01 \text{ soit } 252$$

Au total, 252 personnes ont constitué la taille de l'échantillon de l'étude répartie en trois strates comme suit :

1°) Commune Kirundo

$$n = \frac{1,96^2 + 0,5(1 - 0,5) * 144}{1,96^2(1 - 0,5) + (144 - 1) * 0,05^2} = 50,03 \text{ soit } 50 \text{ personnes enquêtées}$$

2°) Commune Gitobe

$$n = \frac{1,96^2 + 0,5(1 - 0,5) * 355}{1,96^2(1 - 0,5) + (355 - 1) * 0,05^2} = 123,17$$

soit 123 personnes enquêtées

3°) Commune Vumbi

$$n = \frac{1,96^2 + 0,5(1 - 0,5) * 230}{1,96^2(1 - 0,5) + (230 - 1) * 0,05^2} = 79,04 \text{ soit } 79$$

personnes enquêtées

Méthodes de collecte des données

Au total, 252 producteurs ont été enquêtés : 123 producteurs à Gitobe, 79 producteurs à Vumbi et 50 producteurs à Kirundo. Les données collectées portaient sur la perception du changement climatique et des indicateurs de l'évolution des risques, la variabilité des paramètres climatiques selon les communes, les principales causes d'érosion au champ, les cultures pratiquées en vue de s'adapter au changement climatique, les pratiques et techniques d'adaptation aux défis climatiques, les types de plantes et espèces cultivées pour faire face au changement climatique, etc. Pour trianguler les données

quantitatives, l'observation à travers la grille a permis de relever les impacts des risques environnementaux dans la communauté et les stratégies d'adaptation de la communauté face aux risques. L'observation directe sur terrain s'est focalisée sur les habitations, la végétation, des actions mises en œuvre par la population pour faire face aux conséquences de la sécheresse et aux changements climatiques. Cette démarche a permis de collecter des informations qualitatives dans le but de connaître le degré de perception de la population sur les risques, de savoir les impacts environnementaux, socioéconomiques liés aux risques environnementaux et les stratégies d'adaptation mises en œuvre par les communautés locales avant, pendant et après une catastrophe.

Analyse statistique

Pour l'analyse des données, le logiciel SPSS 2020 (Statistical Package for the Social Sciences) version 20.0. a été utilisé et a permis de réaliser des analyses descriptives, statistiques inférentielles ou multivariées, la modélisation logistique et les tests de comparaison des moyennes (Test de Poisson) et d'autres informations issues de l'enquête.

Modèle de détermination du degré de résilience suite aux défis environnementaux

L'augmentation du degré de résilience suite à l'adoption des nouvelles techniques est le point de vue de mon projet de recherche à long terme. Au cours de ce travail la variation du degré la résilience est la variable dépendante et sera mise en régression logistique avec une série des variables indépendantes (exogènes).

La régression logistique s'applique lorsque la variable à expliquer (Y) est qualitative. Il calcule les rapports de chances tout en précisant leur seuil de signification.

Considérant toutes ces variables, le modèle de régression linéaire à variables

dépendante a été utilisé. Les résultats obtenus en utilisant ce modèle sont évalués selon les règles statistiques tels que : la significativité des paramètres estimés, le coefficient de détermination la normalité.

Soit Y_i une variable qu'on cherche à expliquer par X_i l'ensemble des variables explicatives,

Le modèle linéaire s'écrit:

$$Y_i = A_0 + X_i\beta + \varepsilon_i \quad (2)$$

Où β est un vecteur de coefficient à estimer

ε_i est le terme d'erreur qui représente l'effet des variables inobservées.

La régression logistique constitue alors une méthode de choix pour rechercher et déterminer les facteurs influençant les stratégies d'adaptation développées par un exploitant agricole. Ces facteurs sont des variables d'adaptation. Le modèle de logistique se présente généralement comme suit :

$$\text{Logit}Y_i = \ln \left(\frac{Y_i}{1-Y_i} \right) = A_0 + X_i\beta + \varepsilon_i \dots \dots \quad (3)$$

Avec :

- A_0 : Constante
- Y_i : probabilité que la variable expliquée soit 1
- $1 - Y_i$: la probabilité que la variable expliquée est nulle
- $\beta : \beta_0, \dots, \beta_n$: paramètres à estimer
- X_i Ensemble des variables explicatives
- ε_i terme d'erreur

Compte tenu de l'ensemble des variables jugées explicatives, le modèle théorique s'écrit

Alors :

Résilience = f (sexe, de l'âge, niveau d'éducation, de l'état civil, statut du coopérant, possession du bétail, superficie, expérience agricole et l'accès à l'information sur les défis environnementaux).

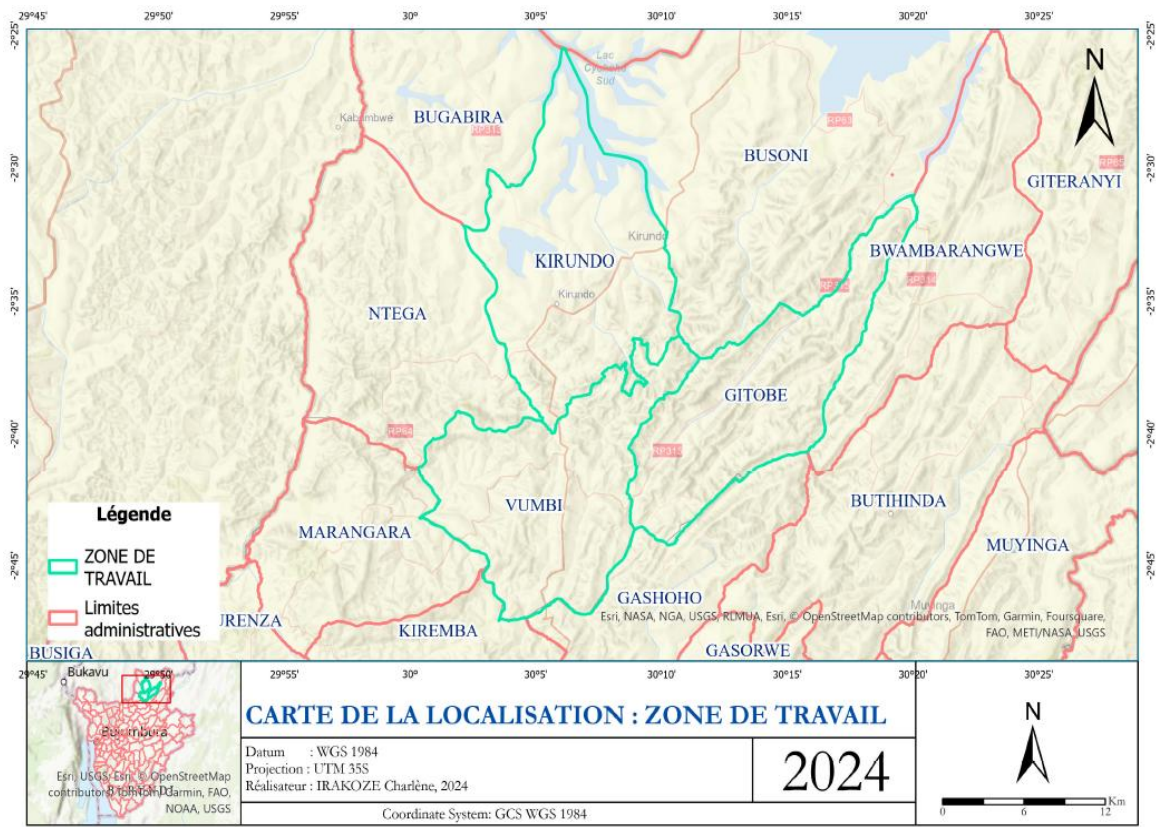


Figure 1 : Vue d'ensemble de la localisation de la zone d'étude.

RESULTATS

Perception du changement climatique et des indicateurs de l'évolution des risques environnementaux à Kirundo

Selon les résultats de l'étude, les enquêtés ont affirmé que dans le passé, on observait deux grandes saisons de pluies débutant au mois de Septembre et Février de chaque année couplée à une seule saison sèche. Actuellement, on observe deux grandes saisons de pluies avec une petite saison appelée « saison C » débutant au mois de Novembre et Mars de chaque année couplée à deux saisons sèches (Tableau 1).

La durée des saisons de pluies est trop courte mais le nombre de jours de pluies fortes a augmenté suivi d'une séquence des saisons sèches plus longues avec des vents trop violents pendant la saison pluvieuse caractérisée par une augmentation de la

température. Face aux changements climatiques remarquables dans les communes de notre étude, la population a été consciente de ces changements et s'est adapté progressivement.

Pour ce qui est des indicateurs de l'évolution des risques environnementaux, on observe une détérioration de la couverture végétale par rapport au passé avec des espèces en disparition comme *Colocasia esculenta* [colocases « Amateke »]; *Dioacoria villosa* [ignames « ibisunzu »]; *Dioscoria bulbifera* [igname pomme « amatugu »] et *Manihot esculenta* [le manioc « imyumbati »]. Mais d'autres espèces sont apparus suite aux changements climatiques notamment *Oryza sativa* L (le riz) ; *Musa acuminata* var. *cerifera* [bananier amélioré (dit sohoka unkorere) et bananier dit « gisasu »] (Tableau 2).

Ces résultats observés signifient que la survenue des catastrophes multirisques dans la province de Kirundo a poussé les ménages à cultiver des plantes et cultures résilientes en vue de remplacer certaines espèces en disparition.

Le Tableau 3 ci-après montre les victimes de la variabilité du climat dans les zones d'étude.

Il a été noté que 158 enquêtés soit 62,70% ont été victimes d'une variabilité des paramètres climatiques contre 37,30 % qui affirment n'avoir pas été touché. Dans toutes les communes et selon la perception des producteurs enquêtés au cours de l'étude, il se remarque plus de ravageurs que dans le passé ainsi que plus d'érosion hydrique des sols. Les principales sources d'eau pendant la contre saison sont les cours d'eau dans toutes les communes sauf une seule personne qui possède un forage appartenant au projet mais ces derniers tarissent le plus tôt. Les sols sont moins fertiles actuellement contrairement au passé et cette baisse de fertilité se remarque par la baisse des rendements au cours des saisons et des contre saisons ainsi qu'une baisse de végétation qui pousse entre les saisons. Dans la contre saison, certains ont irrigué leur parcelle au moins deux fois par semaine.

La Figure 2 montre les principales cultures d'adaptation aux changements climatiques adoptées par la population de Vumbi, Kirundo et Gitobe.

Ces cultures sont dominées par le *Grevillea robusta* (92,56%), le *Calliandra* sp (76,29%) ; la *carica papaya* « papaye » (73,26%) ; *Artocarpus heterophyllus* Lam le jacquier (72,29%) et le *Capsicum annum* « piment » (58,12%).

La Figure 3 indique les principales causes de l'érosion dans les communes telles que perçues par les communautés d'agriculteurs de Vumbi, Kirundo et Gitobe.

Les causes de l'érosion cités par les enquêtés sont les fortes pluies (92,93%), les fortes pentes (85,12), les mauvaises pratiques

agricoles (73,29%) et la texture du sol (36,48%) (Figure 3).

Techniques d'adaptation aux défis environnementaux

Le Tableau 4 montre les divers types d'amendements faits par les agriculteurs pour enrichir les sols cultivés ainsi que leurs pourcentages pondéraux.

Pour faire face aux défis environnementaux, la population pratique des techniques de régénérescence des sols comme le couvert végétal et la rotation des cultures. Les amendements des sols ont été dominés par les engrais chimiques avec 82,94% des producteurs qui les utilisent. L'utilisation de la matière organique (produit des compostages) a été signalée à 58,73%. Enfin, les engrais biologiques ont été utilisés à faible proportion car c'est une introduction récente encore en voie de vulgarisation (Tableau 4).

Techniques de lutte contre les ennemis des cultures

Pour faire face aux ennemis des cultures, 71,03% des agriculteurs des communes de Kirundo, Vumbi et Gitobe ont adopté des techniques de lutte contre ces ennemis. Ils ont privilégié la lutte culturale en faisant l'élagage, le semis propre, sarclage, fertilisation, et rotation des cultures. 48,81% des producteurs enquêtés affirment avoir recours à la Lutte intégrée avec l'usage des biopesticides a été faite à 48,81%. Notons que la lutte chimique a été aussi adoptée en utilisant les produits chimiques pour lutter contre les ennemis des cultures. L'adoption des techniques de régénérescence des sols comme le couvert végétal et la rotation des cultures l'amendements des sols et les moyens de lutte contre les ennemis des cultures sont des techniques d'adaptation que la population a adoptées pour faire face aux risques environnementaux d'où la résilience communautaire a été atteinte (Tableau 5).

Analyse des déterminants de techniques d'adaptation

Le Tableau 6 montre une analyse des déterminants de techniques d'adaptation aux défis environnementaux.

Le niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés a une influence significative seulement sur techniques d'adaptation aux défis environnementaux. Ainsi, les agriculteurs n'ayant aucun niveau d'étude et ceux ayant un niveau ECOFO (Ecole Fondamentale) suivi de ceux ayant un niveau post fondamental ont tendance à adopter des techniques d'adaptation ($p < 0,05$). Une augmentation du niveau d'étude ne favorise pas l'adoption de des techniques d'adaptation aux défis environnementaux parce que l'agriculture n'est pas leur priorité. Le sexe a une influence positive et significative sur l'adoption des techniques d'adaptation aux changements climatique ($p = 0,0001$). Ces résultats stipulent que, pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques, les hommes sont plus impliqués que les femmes en adoptant les pratiques comparativement aux femmes. Les résultats ont également révélé l'influence positive et significative de l'âge du producteur sur la probabilité d'adopter techniques d'adaptation aux défis environnementaux ($p=0,001$).

Autrement dit, plus la personne est âgée, plus grande est la probabilité qu'il adopte techniques d'adaptation au défis environnementaux. Quant aux Communes, les communes de Kirundo et de Gitobe ont développé des techniques d'adaptation aux changements climatiques par rapport à la commune Vumbi. La situation des communes a une influence positive et significative sur l'adoption des techniques d'adaptation aux changements climatiques ($p=0,0001$). Enfin, concernant les résultats de notre analyse, nous avons trouvé que la taille des ménages a une influence significative sur l'adoption des techniques d'adaptation aux défis environnementaux ($p=,001$). Plus on a beaucoup de personnes à prendre en charge, plus on est confronté à des problèmes de

changements climatiques d'où l'adoption des techniques est obligatoire pour faire face à l'insécurité alimentaire.

Le Tableau 7 indique quelques stratégies adoptées par les agriculteurs pour augmenter les chances de réussite de leurs cultures tandis que le Tableau 8 montre les espèces de plantes cultivées pour faire face aux changements climatiques.

Lors de l'enquête, il a été trouvé que les agriculteurs ont adopté des stratégies comme la plantation des plantes complémentaires entre elles à 94,84%; amendements des sols (96,43%) et la plantation des plantes successives pour une récolte continue (92,06%).

Comme les enquêtés étaient regroupés dans les coopératives accompagnées par les organisations d'appui au développement, ils ont affirmé avoir cultivé des plantes comme *Grevillea robusta* (88,10%), *Passiflora edulis* f. (76,19%), *Carica papaya* (68,25%), *Prunus salicina* (56,35%), *Azadiractta indica* (52,38%), *Calliandra calothyrsus* (84,13%), *Theprosia vogelii* (25,79%) et *Capsicum annum* (32,54%) pour faire face aux changements climatiques. Pendant les observations sur terrain, il a été noté qu'au niveau des ménages, les fruitiers aident à améliorer l'état nutritionnel des ménages pendant que les plantes agroforestières contribuent à l'amélioration de la santé des sols par la facilitation de l'infiltration des eaux. La litière générée quant à elle améliore la teneur en matière organique surtout quand combinée à la pratique du paillage.

Stratégies d'adaptation chez les producteurs

Les stratégies d'adaptation développées par les enquêtés ont été faites en fonction des communes. Il a été trouvé que les communes Kirundo et Gitobe ont développé des stratégies d'adaptation face aux changements climatiques par rapport à la commune Vumbi. De plus, il s'est trouvé qu'il y a une liaison significative entre les stratégies développées et la situation de la sécheresse dans la commune. Dans cette étude, il a été trouvé une liaison significative entre le niveau d'instruction des agriculteurs enquêtés et les stratégies d'adaptation face aux

changements climatiques. Egalement, l'implication des intervenants dépend du niveau de sensibilisation et d'instruction des enquêtés.

Le sexe de l'enquêté a une influence positive et significative sur l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques ($p < 0,0001$). En fonction du degré de vulnérabilité, plus la personne est âgée, plus grande est la probabilité qu'il adopte les stratégies d'adaptation aux défis environnementaux. Ces stratégies sont basées sur son expérience par rapport aux années passées d'où il y a une liaison statistiquement significative entre l'âge et l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques. Les observations au cours des enquêtes ont aussi révélé que d'autres stratégies comme les techniques de régénérescence des sols, le couvert végétal, la rotation des cultures et les amendements des sols ont été couramment utilisées par la population pour faire face aux défis environnementaux. Bref, pour faire face aux risques environnementaux, les agriculteurs ont adopté des stratégies comme la plantation des plantes complémentaires ; amendements des sols, la plantation des plantes successives pour une récolte continue, le paillage, le traçage des courbes de niveaux, les biofertilisants, la lutte contre les ennemis de culture afin de renforcer la résilience communautaire. Il a ainsi été constaté que la population a été résiliente face aux risques environnementaux qui ont touché leur localité.

Résultats du modèle de régression linéaire multiple

Le Tableau 9 indique les résultats des variables d'intérêt appréciable [variables significatives ($p \leq 0.05$)] du modèle de régression en termes de coefficient estimé du paramètre (ou variable), d'erreur standard et le test d'hypothèse Khi-deux de Wald pour mesurer l'importance statistique du paramètre ou degré de Significativité.

Le modèle inclut plusieurs variables indépendantes ou prédicteurs qui peuvent influencer la résilience communautaire :

i) **Variables sociodémographiques** : Commune, Genre, Tranche d'âge, Niveau

d'instruction, État civil, Taille du ménage ;

ii) **Variables liées au contexte agricole** : Possession des terres agricoles, Distance entre domicile et parcelle, Moyen de déplacement, Temps pour atteindre la parcelle, Durée d'occupation de la parcelle ;

iii) **Variables liées aux pratiques agricoles** : Amendement du sol (matière organique, engrais chimique, engrais biologique), Lutte contre les ennemis des cultures (culturelle, mécanique/physique, biopesticides, chimique), Adaptation aux changements climatiques, Maraîchage par rapport au passé, Association des cultures, Programmation des successions culturales.

Certaines variables ne montrent pas d'association significative avec la résilience communautaire. Il s'agit des variables comme Commune, Genre, Tranche d'âge, Niveau d'instruction, État civil, Taille du ménage, Distance domicile-parcelle, etc. dont les valeurs de Significativité sont supérieures à 0.05. Cela signifie qu'elles n'ont pas d'effet notable sur la résilience communautaire mais ceci pourrait être dû à la taille de l'échantillon. La lutte culturelle contre les ennemis des cultures semble avoir un impact positif, mais cela reste non significatif. Ceci pourrait être dû à la taille de l'échantillon et/ou à la colinéarité avec les autres paramètres. Les variables qui ont montré un effet significatif sont :

- Maraîchage par rapport au passé [Coefficient $B = 0.392$, Sig. = 0.029, -Exp(B) = 1.480]. Ce résultat signifie que les personnes qui pratiquent le maraîchage par rapport au passé ont environ 1.48 fois plus de chances d'être résilientes.
- Amendement du sol [Coefficient $B = 0.258$, Sig. = 0.177, Exp(B) = 1.295]. Bien que marginale (Sig. = 0.177), cette variable suggère que l'amélioration du sol peut avoir un impact positif.
- Association des cultures [Coefficient $B = 0.344$, Sig. = 0.092, Exp(B) = 1.411] : Cette pratique semble prometteuse pour améliorer la résilience, bien que la significativité soit marginale.
- Types d'amendement par engrais chimique [Coefficient $B = -0.223$, Sig. = 0.249, -Exp(B) = 0.800] : Ce résultat augure que l'utilisation d'engrais chimiques diminue

légèrement les chances de résilience des communautés.

En somme, le modèle a montré que les pratiques agricoles telles que le maraîchage, l'amendement du sol, et l'association des cultures semblent jouer un rôle important dans l'amélioration de la résilience communautaire alors que certaines autres pratiques agricoles en l'occurrence l'utilisation d'engrais chimiques,

pourraient avoir un effet négatif, bien que non significatif. Enfin, les variables sociodémographiques comme le genre, l'âge, ou l'état civil n'ont pas d'impact significatif. Il convient de noter que le modèle pourrait être amélioré en intégrant des interactions entre variables ou en explorant davantage les relations non linéaires sur base d'un échantillon plus large.

Tableau 1: Variables incorporées dans le modèle de régression logistique.

N°	Modèle	Nom de la variable	Nature de la variable
1	SEX	Genre	Qualitative
2	AGE	Age	Quantitative
3	NIVEAUDU	Niveau d'éducation	Qualitative Ordinale
4	ETATCIV	Etat civil	Qualitative
5	TAILLEMEN	Taille du ménage	Quantitative
6	COMM	Commune	Qualitative
7	SUPERF HA	Superficie en hectare	Quantitative
8	POSSESSIONT	Possession des terres	Qualitative
9	DISTANCEK	Distance en Km entre le domicile et parcelle	Quantitative
10	MOYENL	Moyen de locomotion	Qualitative
11	MODED	Mode d'acquisition des terres	Qualitative
12	INTERVALLE	Intervalle de temps	Quantitative
13	TEMPSD	Temps d'occupation en année	Quantitative
14	TYPEDECULT	Types de culture	Qualitative
15	SYSTEMEDE	Système de culture	Qualitative
16	TYPES	Type de semences et	Qualitative
17	TECHNIQUES	Techniques d'amendements des sols	Qualitative
18	MODEDEL	Mode de lutte contre les ennemis de culture	Qualitative
19	SENSIBILIS	Sensibilisation sur le compostage	Qualitative
20	TECHNIQUESD	Techniques d'amendements des sols	Qualitative
21	LUTTEMODE	Mode de lutte contre les ennemis de culture	Qualitative
22	STRATEGIE	Stratégies d'augmentation de la récolte	Qualitative
23	ESPECESRESI	Espèces résistantes aux changements climatiques	Qualitative

Tableau 1 : Répartition des saisons de l'année selon leur mois d'apparition.

Saison	Avant	Aujourd'hui
Début et fin de la Saison A	Septembre –Février	Novembre –Mars
Début et fin de la saison B	Février- Juin	Mars-Juin
Début de la Saison C	Juin-Septembre	Juin-Novembre

Tableau 2 : Impact des risques environnementaux sur la végétation.

Espèces en disparition	Espèces en apparition
<i>Colocasia esculenta</i> , <i>Dioacoria villosa</i> , <i>Dioscoria bulbifera</i> , <i>Manihot esculenta</i>	<i>Oryza sativa</i> L ; <i>Musa acuminata</i> var. <i>cerifera</i> bananier amélioré (dit sohoka unkorere) ; bananier dit « gisasu ».

Tableau 3 : Distribution des victimes de la variabilité des paramètres climatiques selon les communes.

Commune	Victimes d’une variabilité des paramètres climatiques		Total
	Oui	Non	
Gitobe	67	56	123
Kirundo	38	12	50
Vumbi	53	26	79
	158 (62,70)	94(37,30)	252(100,00)

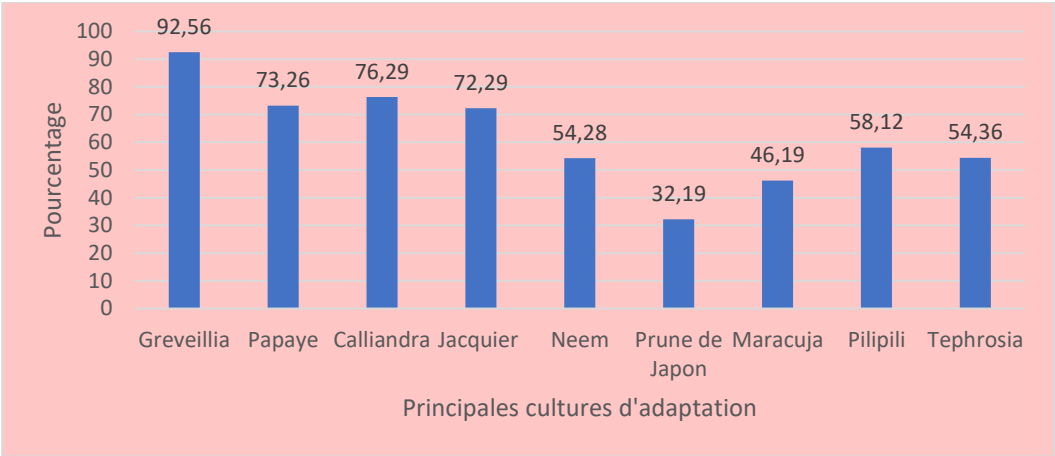


Figure 2 : Principales cultures d’adaptation au changement climatique.

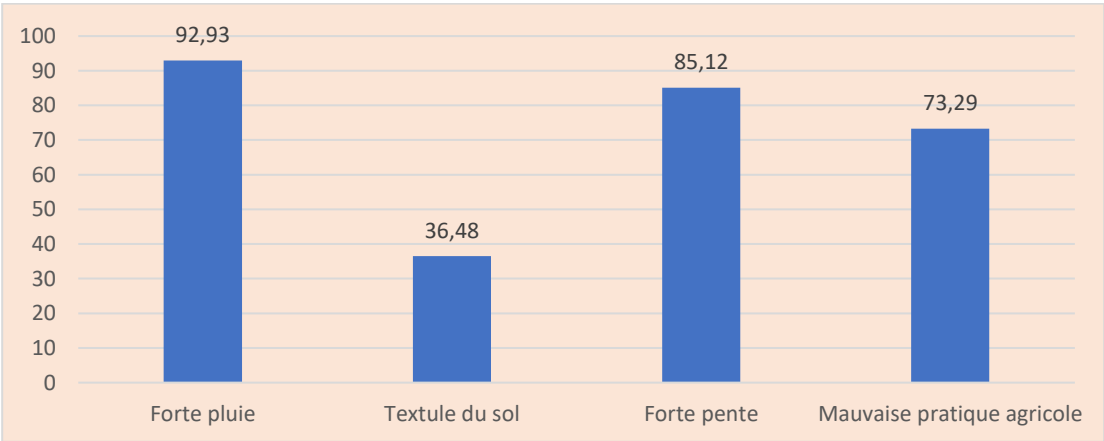


Figure 3 : Principales causes de l’érosion dans les communes de Vumbi, Gitobe et Kirundo.

Tableau 4 : Types d'amendements faits pour enrichir les sols cultivables.

Types d'amendement faites-vous pour enrichir vos sols	Effectif	Pourcentage
Matière organique	148	58,73
Engrais chimique	209	82,94
Engrais biologique	43	17,06

Tableau 5 : Moyens de luttres contre les ennemis des cultures.

Lutte contre les ennemis des cultures	Effectif	Pourcentage
Lutte culturale (Élagage, Semis propres, Sarclage, Fertilisation, Rotation des cultures)	179	71,03
Lutte mécanique /physique (Pièges collants jaunes, Ramassage, Pièges à phéromones, Pièges lumineux,	32	12,70
Lutte intégrée (Biopesticide)	123	48,81
Lutte chimique	141	55,95

Tableau 6 : Déterminants de techniques d'adaptation aux défis environnementaux.

Modalités	Pourcentage par déterminants des Techniques d’adaptation aux défis environnementaux			
	Adapté	Non adapté	Total	Probabilité
Commune				
Gitobe	98(79,7%)	25(20,3%)	123(100%)	0,0001
Vumbi	65(76,0%)	14(24,0%)	79(100%)	
Kirundo	38(82,3%)	12(17,7%)	50(100%)	
Tranche d’âge				
20-35 ans	61 (77,2%)	18(22,8%)	79(100%)	0,001
36-50 ans	98(81,7%)	22(18,33%)	120 (100%)	
51- 65 ans	42(79,2%)	11(20,8%)	53(100%)	
Niveau d’instruction				
Aucun	89(80,2%)	22(19,8%)	111(100%)	0,0001
ECOFO	66(76,7%)	20(23,3%)	86(100%)	
Post fondamentale	35(87,5%)	5(12,5%)	40(100%)	
Université	11(73,3%)	4(26,7%)	15(100%)	
Sexe				
Féminin	94(78,3%)	26(21,7)	120(100%)	0,0001
Masculin	107(81,1%)	25(18,9)	132 (100%)	
Etat civil				
Célibataire	6(60,0%)	4(40%)	10(100%)	0,001
Marié	188(81,0%)	44(19%)	232 (100%)	
Veuf (ve)	7(70,0%)	3(30%)	10(100%)	
Taille de ménage				
1-3 enfants	52(77,6)	15(22,4%)	67(100%)	0,0001
4-6 enfants	132(80,5%)	32(19,5%)	164 (100%)	
	17(81,0%)	4(19,0%)	21(100%)	

Tableau 7: Stratégies d'adaptation mise en place par la population.

Stratégies adoptez-vous pour augmenter les chances de réussite de vos culture	Effectif	Pourcentage
Plantes complémentaires entre elles	239	94,84
Plantations successives pour une récolte continue	232	92,06
Amendement des sols	243	96,43

Tableau 8 : Types de plantes (Espèces) cultivées pour faire face aux changements climatiques

Types de plantes (Espèces) que vous cultivez pour faire face aux changements climatiques/	Effectif	Pourcentage
<i>Grevillea robusta</i> (Grevillea)	222	88,10
<i>Passiflora edulis</i> (Maracuja)	192	76,19
<i>Carica papaya</i>	172	68,25
<i>Azadirachta indica</i> (neem)	132	52,38
<i>Prunus salicina</i> (Prune de Japon)	142	56,35
<i>Calliandra sp</i>	212	84,13
<i>Theprosia sp</i>	65	25,79
<i>Capsicum annum</i> (Piment "Pilipili")	82	32,54

Tableau 9 : Estimation économétrique du modèle de régression linéaire.

	Variable	coefficient estimé de régression	Test d'hypothèse (Signification)	l'odds ratio po (Exp B)
1	Maraîchage par rapport au passé	0.392	0.029**	1.480
2	Amendement du sol	0.258	0.177	1.295
3	Association des cultures	0.344	0.092*	1.411
4	Adaptation au changement climatique	-0.221	0.320	0.802
5	Lutte bio contre les ennemis de cultures	0.110	0.645	1.116
6	Types d'amendement par engrais chimique	-0.223	0.249	0.800

* : significatif à 10 % ; ** : significatif à 5 % ;

DISCUSSION

Perception du changement climatique et des indicateurs de l'évolution des risques environnementaux à Kirundo

Dans les communes de Kirundo, l'analyse des actions entreprises par la communauté pour faire face à la résilience communautaire montre une adaptation sur les phénomènes de changements climatiques qui ont affecté leur localité. Le processus de la résilience communautaire se fait en trois phases : une phase proactive, portée sur la perception et l'anticipation ; une phase réactive fondée sur les savoir-faire et des réponses face aux désastres et une phase post-active fondée sur les capacités de rebond, de récupération et d'apprentissage.

La première phase de la résilience proactive développe des capacités d'apprentissage et d'anticipation face à un risque. C'est là que se développe les connaissances antérieures, la conscience collective et l'acceptation des risques. A cela s'ajoute la prévision de l'aléa, la prévention et la préparation des individus face à un risque (Kadjo et Amani, 2022). Les populations des communes de Kirundo, Vumbi et Gitobe, ont développé des mécanismes pour faire face aux risques environnementaux. Les enquêtés ont adopté des stratégies d'adaptation pour augmenter les chances de réussite des cultures comme les plantes complémentaires à 78,96% ; plantes successives pour une récolte continue à 68,25% et les amendements des sols à 76,58%. Cela corrobore les dires de Chevillot-Miot et al., (2017) selon lesquels cette phase est alors déterminante, puisqu'elle influencera la réaction des individus sur les deux autres phases de résilience. Shrestha et al. (2018) ont analysé les stratégies d'adaptation au changement climatique dans l'agriculture dans quatre villages du Myanmar et du Cambodge. Ils concluent que des variétés de cultures, des équipements de culture et des modifications de la superficie cultivée sont les stratégies utilisées par les agriculteurs de la zone d'étude

pour s'adapter au changement climatique du moment.

Les personnes enquêtées dans les communes de Kirundo, Vumbi et Gitobe perçoivent les changements climatiques à travers le changement des périodes de début de pluies, passant de Septembre et Février à Novembre et Mars au cours de l'année ainsi que sur la durée des saisons de pluies qui est trop courte mais le nombre de jours de pluies fortes augmente suivi d'une séquence des saisons sèches plus longues avec des vents trop violents pendant la saison pluvieuse caractérisée par une augmentation de la température.

Dans la phase pro active, portée sur la perception et l'anticipation, la population a affirmé qu'elle est au courant des phénomènes de changements climatiques constitués par la durée des saisons de pluies trop courte, le nombre de jours de pluies fortes qui a augmenté ; la séquence des saisons sèches plus longues et des vents trop violents mais aussi la saison pluvieuse avec une augmentation de la température. Ce résultat est en droite ligne avec ceux de Nougbara et al., 2021) qui ont affirmé dans leurs conclusions que les sécheresses apparaissent comme la manifestation majeure du changement climatique.

D'autres chercheurs ont confirmé le constat de la présente étude notamment Reeves et al (2016) au Bénin, qui ont rapporté des changements climatiques tels que les inondations, les sécheresses, la modification du calendrier agricole, les vagues de chaleur, la faible productivité sont des effets les plus tangibles qui affectent les ménages agricoles (Reeves et al., 2016). A cela, s'ajoutent la dégradation des sols, l'érosion côtière, la déforestation, la faible diversification culturelle entraînant la dégradation des bas-fonds et bassins qui menacent la sécurité alimentaire et amplifient la pauvreté (Breumier et al., 2018).

Techniques d'adaptation aux défis environnementaux

Selon les chercheurs Asongu et Odhiambo (2019), la population devrait faire une phase réactive fondée sur les savoir-faire et des réponses face aux désastres. L'adoption des cultures résistants contre la sécheresse, l'association des cultures, le paillage, le traçage des courbes de niveaux, les biofertilisants figurent parmi les moyens d'adaptation que la population a adopté pour faire face aux risques environnementaux d'où la résilience communautaire a été atteinte. Ces méthodes constitue la phase réactive fonde sur le savoir-faire et réponses aux désastres.

Par ailleurs, Khanal et al. (2018) au Népal, dans leur travail sur les facteurs qui influencent la prise de décision des agriculteurs lors de l'adoption de stratégies d'adaptation au changement climatique et l'impact de ces adaptations sur les rendements agricoles, il ont montré que les stratégies d'adaptation pratiquées sont : l'utilisation des variété à cycle court, la modification du lieu de plantation des variétés, l'augmentation de la quantité de semence, le semis direct, la levée de la dormance, l'amélioration et l'augmentation de l'irrigation, la construction de cours d'eau lors de fortes pluies, la réduction du travail du sol, l'augmentation du désherbage, les techniques de conservation des sols, l'amélioration et l'augmentation de l'utilisation d'engrais chimiques, l'amélioration et l'augmentation de l'utilisation de fumier, l'utilisation davantage de pesticides. Comme l'a noté Ndayishimiye en 2024 en région de Kirimiro (Burundi), ces techniques une fois prises comme des interventions coordonnées et échelonnées dans le temps, elles convergent vers le concept d'agroécologie en pratique promu par plusieurs partenaires au Burundi et par extension dans les tropiques.

Déterminants d'adoption des Stratégies d'adaptation mises en place

L'analyse de l'impact de l'adaptation au changement climatique sur la productivité des

cultures annuelles dans les municipalités de Pencahue, Cauquenes, San Clemente, Parral au Chili par Roco et al. (2017) a révélé des méthodes comme l'utilisation de goutte à goutte et arroseurs, le boisement, le zéro labour, l'utilisation de systèmes d'accumulation d'eau, l'utilisation d'engrais vert, l'utilisation de paillage, l'utilisation de cultures de couverture, l'utilisation de tuyaux et de pompes pour l'irrigation, la mise en place de tranchées d'infiltration, le nettoyage de canaux. Le sexe féminin dans cette enquête est de 25% dans Gitobe, 18,25% dans Vumbi et de 9,52% dans Kirundo. Le taux de participation de femmes est majoritaire en général.

Ainsi, 78,3% des femmes ont adopté des techniques d'adaptation face au changement climatiques. Les périodes d'excès de pluie entraînent une perturbation des programmes quotidiens d'activités des femmes. Ces périodes interviennent chaque année pendant les mois de Juillet - Septembre, coïncidant avec la période de récolte des produits de la grande saison des pluies. Or, cette opération culturale qu'est la récolte est essentiellement exécutée par les femmes qui subissent les fortes pluies qui caractérisent la période. C'est aussi elles qui s'occupent du séchage de ces produits pour leur stockage.

Implications programmatiques et politiques

Le regard critique de cette investigation a montré que le processus de la résilience communautaire a été fait en trois phases : une phase proactive, portée sur la perception et l'anticipation ; une phase réactive fondée sur les savoir-faire et des réponses face aux désastres et une phase post-active fondée sur les capacités de rebond, de récupération et d'apprentissage. Au cours de ce travail, nous avons remarqué que les changements climatiques entraînent des variations et des fluctuations imprévisibles des conditions météorologiques, telles que des périodes de sécheresse et des pluies diluviennes. Ces variations météorologiques ont entraîné des conséquences négatives sur les cultures en

réduisant la disponibilité de l'eau, en compromettant les rendements des cultures et en augmentant le risque de maladies et de ravageurs. Pour faire face à ces changements, la population a dû adopter des stratégies et techniques permettant de faire face à ces changements climatiques.

D'autres techniques agroécologiques comme la couverture végétale, la rotation des cultures et le compostage contribuent à la préservation de la fertilité des sols, limitant ainsi l'érosion et la dégradation des terres agricoles. Ces résultats sont similaires à ceux de Ndihekubwayo et al. (2023) dans leurs travaux sur la qualité agrochimique des litières des arbres d'ombrage du caféier et réponse de la culture de soja à leur application sur un ferralsol acide dans la région de Kirimiro au Burundi. L'utilisation durable des ressources naturelles en évitant l'utilisation excessive des produits chimiques et en favorisant des pratiques respectueuses de l'environnement, les agriculteurs regroupés dans les coopératives, préserveraient la qualité de l'eau, de l'air et des sols contribuant ainsi la résilience des écosystèmes. La résilience face aux risques environnementaux a été faite en favorisant la diversité des cultures et des pratiques tendant vers les initiatives agroécologiques, ce qui permet aux agriculteurs de tirer profit additionnel en termes de sécurité alimentaire, fourrages pour bétail et bois d'œuvre pour usages divers.

Conclusion

L'étude avait pour objectif de fournir un éclairage sur les facteurs déterminants de la résilience communautaire dans la province de Kirundo au nord du Burundi afin de ressortir une base d'informations robustes permettant de formuler des options de résilience communautaire et d'élaborer des techniques et stratégies d'adaptation face des risques environnementaux. Les résultats ont montré que 62,70% des personnes enquêtées affirment qu'elles ont été victimes d'une variabilité des

paramètres climatiques avec une prolifération de plusieurs ravageurs. Les cultures comme *Grevillea robusta*, *Calliandra calothyrsus*, *Carica papaya* L., *Azadirachta indica*, *Capsicum annum* ont été adoptées entre autres par les communautés de Kirundo pour faire face aux risques environnementaux. L'investigation a noté que 79,76% et 92, 26% des producteurs ont adopté respectivement des techniques d'adaptation et des stratégies d'adaptation aux défis environnementaux. Cette étude a révélé un processus de résilience communautaire par une mobilisation des capacités d'anticipation et de préparation des acteurs. L'analyse des perceptions prouve que l'association des cultures, le paillage, le traçage des courbes de niveaux, les biofertilisants figurent parmi les moyens d'adaptation que la population adopte face aux risques menant ainsi vers une résilience communautaire soutenable. Dans une perspective de résilience, il convient de noter que la recherche pourrait raffiner le modèle et étendre l'étude sur les autres zones agroécologiques vulnérables en intégrant des interactions entre variables ou en explorant davantage les relations non linéaires à travers des plateformes multi acteurs comme l'agroécologie au service des communautés.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

SN, auteur principal de ce manuscrit, est l'initiateur et coordonnateur de l'investigation. En tant que Directeur du CERDA, il a identifié en collaboration avec ECI, le contexte, la problématique et le cadre conceptuel avant d'élaborer ensemble les outils de collecte des données (questionnaire, guide d'entretien, grille d'observation *in situ*, etc.), assurer l'organisation de la base de données, la rédaction du contexte et du cadre conceptuel, coordonner les analyses, l'interprétation et la discussion globale des résultats issus des

analyses statistiques. Après la phase conceptuelle de l'investigation, ECI a assuré avec une équipe de 3 enquêteurs, sous la coordination du Directeur du CERDA, la collecte des données sur terrain et a participé à l'élaboration de la base des données et à la rédaction du manuscrit. DK et AN ont donné leurs contributions professionnelles et analytiques à la cartographie en systèmes SIG et à l'interprétation des cartes ainsi que l'affinage de l'analyse des risques. FN, JN et AuNi ont participé à la relecture de la méthodologie et ont contribué significativement aux analyses statistiques des données par le logiciel STATA sur la dimension socio-économique et interprétation des résultats.

Enfin tous les auteurs, ayant fait des commentaires et suggestions sur le projet d'article, ont participé de bout en bout à la rédaction du manuscrit ainsi qu'à la séance collective de validation de la qualité et fiabilité du contenu avant la soumission.

REMERCIEMENTS

Les auteurs aimeraient exprimer leur profonde reconnaissance au Centre Universitaire de Recherche et Développement en Agro-Economie (CERDA), à la Faculté des Sciences et la Faculté d'Agronomie et de Bio Ingénierie de l'Université du Burundi pour l'assistance technique et la coordination pendant la collecte des données et la rédaction de cet article. Les remerciements aussi vont à l'endroit des enquêteurs qui ont participé à la collecte des données ainsi les lecteurs anonymes dont les commentaires et suggestions ont permis de rehausser la qualité du contenu de cet article.

REFERENCES

Adger WN. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, **16**(3): 268-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

Aho N, Aho S, Agbokou I, Kaffo BA, Seni S, Loconon DZ. 2018. Introduction à la résilience aux changements climatiques en Afrique de l'Ouest : Répertoire des dates prédéterminées des saisons pluvieuses dans les villages et quartiers de ville du Bénin. Ministère de l'Energie, de l'Eau et des Mines-PNUD Bénin, Cotonou.

https://www.undp.org/sites/g/files/zskgk_e326/files/migration/bj/Repertoire_dates_saisons_pluvieuses_Benin_VF.pdf

Akpovi SC, Vissoh PV. 2022. Renforcement des capacités de résilience des ménages agricoles aux changements climatiques au Bénin : Résultats d'une étude diagnostique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **16**(5): 2238-2252. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.33>

Andres L, Lebailly P. 2013. Le sésame dans le département d'Aguié au Niger : analyse d'une culture aux atouts non-négligeables dans une zone agricole à forte potentialité. *Tropicultura*, **31**(4): 238-246. DOI: <https://hdl.handle.net/2268/161270>

Andres L, Sambo B, Saidou L, Yamba B, Lebailly P. 2016. La résilience des ménages face aux changements climatiques dans la région de Maradi au Niger: le cas de la Régénération Naturelle Assistée. In XXXIIèmes Journées du développement ATM 2016: Catastrophes, vulnérabilités et résiliences dans les pays en développement. chrome-extension://kdpelmjpfafjppnhbloffcejpeo mlnpah/https://reca-niger.org/IMG/pdf/Resilience_et_RNA_Dargue_Maradi_2015.pdf

Asongu SA, Odhiambo NM. 2019. Environmental degradation and inclusive human development in sub-Saharan Africa: A panel data analysis. *Sust. Devel.*, **27**(1): 25-34. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.1858>

- Breumier P, Ramarosandratana A, Ramanantsoanirina A, Vom Brocke K, Marquié C, Dabat MH, Raboin L M. 2018. Evaluation participative des impacts de la recherche sur le riz pluvial d'altitude à Madagascar de 1980 à 2015. *Cah. Agric.*, **27**(1): 15004-15013. DOI: 10.1051/cagri/2017065
- Chevillot ME, Chadenas C, Mercier D. 2017. La résilience proactive par la carte mentale: exemple du territoire de la Charente-Maritime. *Cah. Ass. Tier-Mond.*, **32**: 153-162. <https://www.researchgate.net/publication/304625551>
- CNEDD. 2018. Etude sur les indicateurs de vulnérabilité aux changements climatiques dans la zone d'intervention du Projet de Développement de l'Information et de la Prospective Climatiques (PDIPC), 90p. [http://www.cnedd.ne/images/documents/PDF/PNA/Rapport_indicateurs_PDIPC_Version_finale%20\(1\).pdf](http://www.cnedd.ne/images/documents/PDF/PNA/Rapport_indicateurs_PDIPC_Version_finale%20(1).pdf)
- Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD), PNUD .2022. Plan national d'adaptation aux changements climatiques, SECRETARIAT EXECUTIF.2022. 275p. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Plan-National-d%27Adaptation_Niger_Version-Finale.pdf
- Diaby M, Kone Y, Traore K, Maiga AS, Togo AM. 2020. Analyse des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne : cas des cercles de Diéma et Kolokani au Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(2): 473-485. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.14>
- FSIN. 2014. Principes de la mesure de la résilience, vers un programme pour la conception de la mesure. World Food Program edition. FSIN Tech Ser 1. p31.
- Gergeoscu-Roegen 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Havard University Press. Business and Economics; p457. Available on: https://content.csbs.utah.edu/~lozada/Adv_Resource_Econ/En_Law_Econ_Proc_Cropped_Optimized_Clearscan.pdf
- Groupe de la Banque Afrique de Développement (BAD). 2017. Projet d'Appui à la Transformation de l'Agriculture dans la Région naturelle de Bugesera/Burundi (PATAREB), Bujumbura 2017. AfDB Editions. Accessible sur : <https://mapafrica.afdb.org/fr/projects/46002-P-BI-K00-013>
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Meyer (eds.). In: IPCC (Ed.), Kristin Seyboth (USA). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Irakoze EC. 2023. Etude de la résilience communautaire face aux risques environnementaux dans la Province de Kirundo. Mémoire de Master, Université du Burundi. p 102.
- Mathevet R, Bousquet, F. 2014. *Résilience & Environnement : Penser les Changements Socioéconomiques*. Buchet/Chastel: Paris; 169 p.
- Kadjo JJV, Amani YC. 2022. Construction de la résilience communautaire: De la vulnérabilité aux stratégies d'adaptation aux risques d'érosion des terres à Assinie (Sud-Est côtier de la Côte d'Ivoire). *Revue Resol-Tropiques*, **3**(1): 1-12. DOI: <https://publication.georesbio.org/index.php/rirt/article/view/115>
- Khanal UK, Wilson C, Hoang VHW, Boon L. 2018. Farmers' Adaptation to Climate Change, Its Determinants and Impacts on Rice Yield in Nepal. *Ecol Econ.*, **144**(C): 139-147. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.08.006
- Mathevet R, Bousquet, F. 2014. *Résilience & Environnement : Penser les Changements*

- Socioéconomiques*. Edition Buchet Chasterl : Paris. Accessible sur: https://www.researchgate.net/publication/265249206_Resilience_Environnement_Penser_les_changements_socio-ecologiques
- MINEAGRIE. 2019. Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme : Troisième communication Nationale sur les changements climatiques. MINEAGRIE : Bujumbura.
- Ndayishimiye N. 2024. Incidences des pratiques agroécologiques sur la production agricole dans les plateaux du Kirimiro au Burundi. Mémoire de Master, Université du Burundi. p 115.
- Ndihokubwayo S, Niyongabire R, Kaboneka S, Habonimana B, Nibasumba A, Megerle HE. 2023. Qualité agrochimique des litières des arbres d'ombrage du caféier et réponse de la culture de soja à leur application sur un ferralsol acide du Burundi. *Afr. Sci.*, **23**(3): 14–24. <https://www.researchgate.net/publication/374478215>
- Ndiglembaye A. 2022. Impacts socioéconomiques et environnementaux liés à la gestion des déchets solides ménagers à Moundou 1er (Tchad), Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, p.162. <https://dicames.online/jspui/handle/20.500.12177/10532>
- Ngendakumana S, Niyongabo E, Habonimana JB, Nimenya N, Ndimubandi J, Niragira S, Nijimbere S. 2023. Mécanismes financiers de gestion des risques agro-économiques pour faire face aux changements climatiques dans le Bugesera. Présenté durant la semaine de l'Université du Burundi/Summer school tenue du 11 au 15 Septembre 2023.
- Nougatara S, Kiema A, Soudre A, Sougoti/Guissou L, Berthe TH. 2021. Adaptation de l'élevage bovin de l'Ouest du Burkina Faso aux sécheresses récurrentes. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **15**(4): 1648-1666. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i4.27>
- Ochieng C, Mutimba S, Otieno D. 2016. Growth, CO₂ emissions and environmental sustainability in the East African Community (EAC). *East Afric. Res Jour.*, **12**(3): 217-235.
- Organisation Internationale des Migration (OIM). 2022. *Evaluation et Cartographie Multirisques au Burundi. Atlas des Risques*. OIM : Burundi ; p175.
- Ozer P, Hountondji YC, Niang AJ, Karimoune S, Manzo OL, Salmon M. 2010. Désertification au Sahel : Historique et perspectives. *Bull. Soc. Géograph. Lieg.*, **54**: 69-84. https://www.researchgate.net/publication/228469860_Desertification_au_Sahel_Historique_et_perspectives
- Pona Y, Traore O, Ouedraogo I, Mariko O. 2023. Food Security and Resilience: An Experimental Study of Household food consumption in the Central Region of Mali. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17**(2): 430-441. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.12>
- UNFCCC. 2008. Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques. Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques du Bénin. Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN) : Cotonou. Accessible sur <https://unfccc.int/resource/docs/napa/ben01f.pdf>.
- Reeves TG, Thomas G, Ramsay G. 2016. *Produire Plus avec Moins en Pratique : le Maïs, le Riz, le Blé. Guide pour une Production Céréalière Durable*. FAO Edition : Rome.
- République du Burundi. 2018. Plan National de Développement du Burundi, PND Burundi 2018-2027. Présidence de la

- République, p. 149. Accessible sur : <https://www.presidence.gov.bi/wp-content/uploads/2018/08/PND-Burundi-2018-2027-Version-Finale.pdf>
- Roco LR, Bravo-Ureta B, Engler A, Jara-Rojas R. 2017. The Impact of Climatic Change Adaptation on Agricultural Productivity in Central Chile: A Stochastic Production Frontier Approach. *Sustainability*, **9**: 1648-1664. DOI:10.3390/su9091648
- Shrestha RP, Raut N, Swe L, Maung M, Tieng T. 2018. Climate Change Adaptation Strategies in Agriculture: Cases from Southeast Asia. *Sust. Agric. Res.*, **7**(3): 39-51. DOI: 10.5539/sar.v7n3p39.
- Smith J, Stern N. 2017. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press : Cambridge.
- Sultan B, Lalou R, Sanni AM, Oumarou A, Soumare MA. 2015. Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest. IRD Editions. P483. DOI : 10.4000/books.irdeditions.8914
- UNICEF. 2013. *Actions for Children and Youth Resilience - Guide for Governments*. UNICEF/UN033709/Arcos. https://www.unicef.org/lac/sites/unicef.org.lac/files/2018-06/CandY_guide_for_governments.pdf
- UNISDR. 2011. Rapport sur l'examen à mi-parcours du Cadre d'action de Hyogo 2005-2015. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva, Switzerland.
- Van Der Geest K. 2011. North-South migration in Ghana: what role for the environment? *Int. Migr.*, **49**: 69-94. DOI:10.1111/j.1468-2435.2010.00645.x
- Wilson C, Hoang VHW, Boon L. 2018. Farmers' Adaptation to Climate Change, Its Determinants and Impacts on Rice Yield in Nepal. *Ecol. Econ.*, **144**(C): 139-147. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.08.006.