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

Analyse des stratégies d'adaptation aux inondations et bien être des ménages ruraux de la commune Mutimbuzi au Burundi

Munkurize, Gisèle

2023-06
UB
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/432

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

MASTER EN ECONOMIE RURALE, SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALE

==========

ANALYSE DES STRATEGIES D'ADAPTATION AUX INONDATIONS ET BIEN ETRE DES MENAGES RURAUX DE LA COMMUNE MUTIMBUZI AU BURUNDI

Par :

MUNKURIZE Gisèle

Mémoire

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

Option : Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles

Sous la direction de :

Pr. MANIRAKIZA Diomède

Bujumbura, Juin 2023

COMPOSITION DU JURY

Président : Dr. Ir. Salvator NDABIRORERE

Directeur : Pr. Diomède MANIRAKIZA

Secrétaire : Pr. Willy Marcel NDAYITWAYEKO

DEDICACES

A mes parents ;

A mes frères et sœurs.

Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait sans doute pas vu le jour sans le soutien et la confiance que m'ont témoigné les personnes que je souhaite ici remercier.

En premier lieu, mes pensées vont vers mon directeur de mémoire Pr. Diomède MANIRAKIZA pour m'avoir conseillée dans mes moments de doute, suivie dans mes choix et soutenue dans mes difficultés, pour son ouverture d'esprit, pour ses recommandations ainsi que pour sa disponibilité tout au long de ce travail. J'ai beaucoup appris à ses côtés. Mes visites dans son bureau ont souvent fait la pluie et le beau temps durant cette période de recherche. Mes vifs remerciements s'adressent aussi aux membres du Jury de ce mémoire qui ont accepté de le lire et de l'évaluer.

Je remercie également le corps professoral de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de l'Université du Burundi, particulièrement de l'Economie Rurale, Sociale et Environnementale pour la formation académique et humaine ainsi que le personnel administratif de ladite faculté pour les bons services qu'ils nous ont rendus.

Je suis aussi très reconnaissante à l'égard de madame MUTIMUKEYE Christella avec qui j'ai pu relâcher la pression quand l'atmosphère était trop lourde. Merci de m'avoir soutenue, écoutée et motivée.

Je tiens également à remercier mes anciens camarades de promotion de master, avec lesquels nous avons su nous soutenir et nous épauler dans cette belle expérience.

Enfin, je remercie ma famille et particulièrement mes parents, grâce à qui j'ai été capable de me rendre jusqu'ici, et qui sont toujours là lorsque j'ai besoin de leur support et de leurs encouragements.

MUNKURIZE Gisèle

RESUME

La commune de Mutimbuzi fait partie des zones les plus vulnérables aux inondations en raison des facteurs naturels, humains et socioéconomiques. Dans le cadre du développement territorial climato-résilient, il est nécessaire d'explorer des mesures d'adaptation qui permettent de limiter les effets négatifs des inondations et d'en valoriser les opportunités. Dans cette commune, les inondations constituent un problème majeur pour le développement économique et le bien-être des ménages. Incapables d'empêcher l'occurrence des mauvaises conditions météorologiques, les ménages de ladite commune sont parfois contraints de s'adapter.

L'objectif de cette étude est d'analyser les stratégies d'adaptation et le bien être des ménages victimes des inondations dans cette zone d'étude. Une technique d'échantillonnage à plusieurs niveaux a été utilisée pour sélectionner les 346 ménages de l'étude. L'analyse des déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation a été faite à l'aide du modèle logit, et la méthode d'appariement de scores de propension (*PSM*) a été utilisée pour estimer l'effet causal de l'adoption des stratégies.

Les ménages enquêtés ont adopté comme mesures d'adaptation aux inondations des stratégies agricoles (37%) et non agricoles (63%) pour assurer leur survie. Ainsi, le niveau d'éducation, l'accès au marché, l'expérience antérieure des inondations, la taille de l'exploitation, membre actif du ménage sont les déterminants des décisions d'adaptation dans la zone d'étude. Les résultats de la PSM ont montré un effet positif et significatif des stratégies agricoles sur le revenu des ménages. En effet, les résultats moyens du traitement sur le traitement obtenus à partir du modèle PSM ont montré que le revenu annuel des ménages adoptant les stratégies agricoles a augmenté de 640871.086Fbu en moyenne. Par conséquent, les résultats de cette étude impliquent que les politiques de développement des ménages ruraux devraient considérer les stratégies agricoles comme le bon moyen d'améliorer le revenu des ménages ruraux d'où la nécessité de renforcer ces stratégies afin d'accroitre le bien être de ces derniers.

Mots clés : inondations, stratégies d'adaptation, bien être, ménages ruraux, PSM, Mutimbuzi

ABSTRACT

Mutimbuzi commune is one of the areas most vulnerable to flooding due to natural, human and socio-economic factors. Within the framework of climate-resilient territorial development, it is necessary to explore adaptive measures that can limit the negative effects of flooding and enhance its opportunities. In this commune, flooding is a major problem for economic development and household well-being. Unable to prevent the occurrence of adverse weather conditions, households in this commune are sometimes forced to adapt.

The aim of this study is to analyze the effect of coping strategies on the well-being of flood-affected households in this study area. A multi-stage sampling technique was used to select the 346 study households. The determinants of coping strategy adoption were analyzed using the logit model, and the PSM method was used to estimate the causal effect of adoption.

The households surveyed adopted both agricultural (37%) and non-agricultural (63%) strategies to ensure their survival. Level of education, market access, previous experience of flooding, farm size and active household members were the main determinants of adaptation decisions in the study area. The PSM results showed a positive and significant effect of agricultural strategies on household income. Indeed, the average treatment-on-treatment results obtained from the PSM model showed that the annual income of households adopting agricultural strategies increased by BIF640871.086 on average.

Therefore, the results of this study imply that rural household development policies should consider agricultural strategies as the right way to improve rural household income, hence the need to strengthen these strategies in order to increase rural household welfare.

Keywords: floods, adaptation strategies, well-being, rural households, PSM, Mutimbuzi

TABLE DES MATIERES

COMPOSITION DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES ..... **ix**
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **x**
AVANT-PROPOS ..... **xi**
CHAP. I : INTRODUCTION GENERALE **1**
I .1. Contexte de l'étude 1
I.2. Problématique 5
I.3. Objectifs 7
I.4. Hypothèses de recherche 7
I.5. Importance de l'étude 8
I.6. Organisation de la recherche 8
I.7. Délimitation du travail 9
Conclusion du premier chapitre 10
CHAP. II : REVUE THEORIQUE ET EMPIRIQUE DANS LE CADRE D'ADAPTATION **11**
II.1. Revue théorique 11
II.1.1. Clarification des concepts 11
II.1.1.1. Changement Climatique 11
II.1.1.2. Risque 11
II.1.1.3. Spécificités des risques d'inondation 12
II.1.1.4. Exposition 12
II.1.1.5. Sensibilité 13
II.1.1.6. Vulnérabilité 13
II.1.1.7. Résilience 16
II.1.1.8. Stratégies d'adaptation 19
II.1.1.9. Caractéristiques de l'adaptation 21

II.1.1.10. Adaptation aux inondations 22
II.1.2. Gestion du risque en agriculture 24
II.2. Apports des théories économiques dans le cadre d'adaptation 25
II.2.1. Apports de la théorie prospective 25
II.2.2.Théorie de la motivation à la Protection 26
II.2.3. Attitude face aux risques 29
II.2.4. Théorie du bien-être 30
II.2.5.Théorie de la modélisation des déterminants d'adaptation 31
II.2.6.Théorie de l'évaluation d'impact (d'effet) 32
II.3. Revue empirique de la recherche 33
II.3.1. Revue empirique sur les déterminants d'adaptation 33
II.3.2. Revue empirique sur l'attitude au risque 34
II.3.3. Revue empirique de l'effet des stratégies d'adaptation sur le bien être 36
Conclusion partielle du chapitre 38
CHAP. III : METHODOLOGIE DE RECHERCHE 39
III.1. Choix de la zone d'étude 39
III.2. Description de la zone d'étude 39
III.3. Source de données et technique d'échantillonnage 40
III.3.1. Source de données 40
III.3.2. Instruments de recueil des données 40
III.3.2.1. Recherche documentaire 41
III.3.2.2. Collecte des données primaires 41
III.3.2.2.1. Collecte de données qualitatives 41
III.3.3. Technique d'échantillonnage et méthodes de collecte des données quantitatives ... 41
III.4. Méthodes d'analyse des données 42
III.4.1. Cadre analytique et modèle empirique 43
III.4.2. Identification des variables 43
III.4.2.1.Variables dépendantes 44
III.4.2.2.Variables explicatives 44
III.4.3. Stratégie empirique 46
III.5. Justification du choix du modèle 48
III.5.1.Tests de validité du modèle 48

III.5.1.1. Test de normalité des résidus 48
III.5.1.2. Courbe de ROC (AUC) 49
III.5.1.3. Test d'ajustement du modèle (ou test d'Hosmer-Lemeshow) 49
III.5.2.Test de multicolinéarité 50
III.5.3. Méthode d'évaluation de l'effet des stratégies d'adaptation sur le revenu des ménages 50
III.5.3.1. Méthode d'appariement ou PSM 50
III.5.3.2. Hypothèses du « Propensity Score Matching » 51
III.5.3.3. Support commun et la qualité de l'appariement 54
III.5.3.4. Choix de l'estimateur d'appariement 55
Conclusion du troisième chapitre 57
CHAP. IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS 58
IV.1. Descriptive des variables du modèle 58
IV.2. Présentation des résultats 66
IV.2.1. Stratégies les plus privilégiées dans la zone d'étude 66
IV.2.2. Résultats de l'analyse de la régression logistique 66
Interprétation des effets marginaux 70
IV.2.3. Estimation de l'effet des stratégies d'adaptation sur le revenu des ménages 70
IV.2.3.1. Qualité de la correspondance 70
IV.2.3.2. Analyse de Sensibilité 72
IV.2.3.3. Condition de soutien commun 74
IV.2.3.4. Estimation de l'effet des stratégies agricoles ou ATT 75
IV.3. Discussion générale 76
Conclusion du quatrième chapitre 80
CHAP. V : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS 81
V.1. Conclusion générale 81
V.2. Recommandations 82
REFERENCES 85
ANNEXES 91

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableaux

Tableau 1 : Dimensions de la vulnérabilité 15
Tableau 2 : Méthodes économétriques de l'évaluation de la vulnérabilité 16
Tableau 3 : Proportion des échantillons enquêtés pour chaque site 42
Tableau 4 : Description des variables 45
Tableau 5 : Statistique descriptive des variables quantitatives 59
Tableau 6 : Statistique descriptive des variables qualitatives 61
Tableau 7: Résultats du test de VIF 65
Tableau 8 : Résultats de l'estimation du modèle logit des déterminants des stratégies d'adaptation 67
Tableau 9: Test d'équilibre pour les covariables 71
Tableau 10 : Test de la qualité d'appariement 72
Figure 11 : Condition de soutien commun 74
Tableau 12 : effet des stratégies agricoles sur le revenu total des ménages 75

Figures

Figure 1 : Composante de la vulnérabilité 14
Figure 2: Évolution du concept de la résilience (de 1973 à 2017) 18
Figure 3 : Approche d'analyse des stratégies d'adaptation par DFID 20
Figure 4 : Interaction entre un système social et un risque. 23
Figure 5 : Schéma de la Théorie de la motivation à la protection, PMT (Rogers ,1975). 27
Figure 6 : Schéma de la Théorie de la motivation à la protection PMT adapté (Rogers, 1983) 28
Figure 7 : Histogramme de normalité de résidus pour le choix du modèle logit 63
Figure 8: Courbe ROC (AUC) 64
Figure 9 : Stratégies privilégiées dans la zone d'étude 66
Figure 10 : Biais standardisé avant et après appariement 73

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ATE	: Average Treatment Effect
ATT	: Average Treatment Effect on Treated
ATU	: Average Treatment Effect on Untreated
BRACED	: Building Resilience and Adaptation to Climate Extremes and Disasters
CC	: Changement Climatique
DFID	: Department For International Development
DG	: Discussion de Groupe
FAO	: Organisation de Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fbu	: Francs burundais
GES	: Gaz à Effet de Serre
GIEC	: Groupe d'Expert International sur l'Évolution du Climat
IGR	: Indice de Gestion de Risque
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
ISDR	: International Strategy for Disaster Reduction
OIM	: Organisation Internationale pour la Migration
OR	: Odds Ratio
PCDC	: Plan Communal du Développement Communautaire
PED	: Pays En voie Développement
PIB	: Produit Intérieur Brut
PMT	: Protection Motivation Theory
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
PSM	: Propensity Score Matching
RDC	: République Démocratique du Congo
STATA	: Statistical Analysis Software
UNICEF	: United Nations International Children's Emergency Fund
UNISDR	: United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UNOCHA	: United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
USD	: United States Dollar

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée en vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Economie Rurale, Sociale et Environnementale. Spécialité : Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles. Notre thématique porte sur « **Analyse des stratégies d'adaptation aux inondations et bien être des ménages ruraux de la commune Mutimbuzi au Burundi. »**

Nous souhaitions analyser principalement les choix des stratégies d'adaptation des ménages touchées par les inondations de 2020 et l'effet de ces choix sur le bien être de ces ménages. L'exposition à ces risques est le premier critère que nous avons utilisé pour sélectionner la commune Mutimbuzi plus spécifiquement les sites enquêtés.

Pour atteindre cet objectif, nous avons identifié les facteurs psychologiques, socioéconomiques et institutionnels qui poussent les individus à faire des choix d'adaptation ou des comportements appropriés. En conséquence, nous avons nécessairement interrogé directement les individus par le biais d'une enquête à l'aide des entretiens qualitatifs et du questionnaire quantitatif et aussi les revues documentaires ont été consultées.

Les résultats de cette étude montrent que l'adoption des stratégies agricoles est un bon moyen de réduire les effets néfastes des inondations et par conséquent d'améliorer le revenu des ménages.

CHAP. I : INTRODUCTION GENERALE

I .1. Contexte de l'étude

Le changement climatique (CC) est l'une des plus grandes menaces auxquelles l'humanité est confrontée, qui affecte de manière disproportionnée les pays en développement plus que toute autre partie du monde (PNUD, 2019). Toutefois, cela ne signifie pas que seuls les pays en développement doivent s'adapter, car toutes les régions sont touchées et personne n'est épargné par l'impact climatique sous une forme ou une autre (Germanwatch, 2019). Ce changement climatique n'épargne aucun pays quant à ses impacts négatifs, mais ce sont surtout les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés comme le Burundi qui sont les plus touchés du fait qu'ils manquent de moyens d'atténuer ou /et de s'adapter à ces changements.

Outre les composantes environnementales qui sont affectées, les conséquences de ces changements n'épargnent aucun secteur de la vie socioéconomique et constituent de ce fait un défi majeur pour l'humanité entière. Ainsi, ils affectent le milieu physique de l'homme et l'influence dans ses relations avec son environnement, le confrontent à de nouveaux défis qui l'ébranlent dans ses dimensions psychique, culturelle et socio-économique. Aggravés ou amplifiés par d'autres facteurs naturels (état de surface) et humains. Les effets de ces changements peuvent concernés l'érosion côtière, les graves sécheresses et corolaires et surtout des inondations parfois très dévastatrices (Asaminew, A., 2013).

Selon UNISDR (2015), entre 1995 et 2015, les catastrophes liées au changement climatique ont provoqué la mort de 606 000 personnes, affecté 4,1 milliards de personnes et occasionné des pertes économiques évaluées entre 250 et 300 milliards de dollars EU dans le monde. Le plus inquiétant, est qu'il est prédit que dans le moyen terme, le changement climatique contribuera à l'augmentation de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire de la population mondiale à travers l'accentuation de la dégradation de l'environnement, la surexploitation des ressources naturelles, l'intensification des catastrophes naturelles (United Nations Environment Programme, 2016 ; Olson *et al.,* 2014 ; United Nations Department of Economic and Social Affrairs, 2017 et 2015).

Il est largement reconnu que les pays en développement demeurent les plus vulnérables au changement climatique (Arnell, 1999 ; Wit et Stankiewicz, 2006 ; IPCC, 2007 ; Reid *et al*., 2007; Di Falco, 2014), alors qu'ils ne contribuent qu'à 10 % aux émissions de GES.

Cette vulnérabilité pourrait être expliquée, d'une part, par la pauvreté et le manque de capitaux pour mettre en oeuvre des mesures d'adaptation et d'atténuation au changement climatique (Fischer *et al.*, 2005 ; Maskrey *et al.*, 2007 ; Di Falco, 2014) et, d'autre part, par la forte dépendance de l'économie de ces pays au secteur primaire (agriculture, élevage, pêche, foresterie, etc.), qui est très sensible aux conditions climatiques sévères et demeure encore traditionnel. En outre, ces pays sont faiblement connectés aux marchés mondiaux (Morton, 2007; Di Falco et Chavas, 2009 ; Di Falco, 2014).

En effet, les inondations représentent presque la moitié de toutes les catastrophes météorologiques au cours des deux dernières décennies, affectant 2,3 milliards de personnes (UNISDR, 2015). La même source indique que chaque année, des millions de personnes et des milliards d'euros d'actifs à travers le monde sont affectés par les inondations, lesquelles sont à l'origine de plus de pertes sur les plans économique, social et humanitaire à l'échelle mondiale que n'importe quel risque naturel. Selon GIEC (2014), les bassins et plaines hydrographiques figurent parmi les secteurs les plus exposés à ces calamités hydro-climatiques. En plus des facteurs hydro-climatiques les inondations qui y surviennent sont fortement influencées par le contexte social, démographique, économique et politique des populations humaines qu'elles affectent (Schwarz *et al.*, 2017).

Ainsi, en 2016, plus de 3 000 personnes auraient perdu la vie et près de 30 milliards de dollars de dommages auraient été générés du fait des inondations dans le monde[1].

D'après l'indice mondial d'adaptation qui mesure la vulnérabilité d'un pays au changement climatique, le Burundi est au 171ème rang sur 181 pays. Selon le Bureau de la coordination des affaires humanitaires des Nations Unies (UNOCHA, 2021), les catastrophes climatiques au premier rang desquelles les pluies torrentielles, inondations et glissements de terrain sont à l'origine de la totalité des déplacements forcés de la population au Burundi en 2020.

L'augmentation de la densité de la population dans les zones les plus exposées et le bouleversement du cycle hydrologique par l'effet du changement climatique contribuent à faire de l'inondation le danger le plus dévaster et le plus couteux dans le monde (M. M. Rakotoarisoa, 2017, p. 5).

[1] *http://www.emdat.be/database*

De ce fait, la géographie des risques a longtemps donné la priorité à l'aléa et aux dangers, puis face à l'incapacité des sciences et techniques à éradiquer les menaces, la capacité d'adaptation des sociétés a été mise en avant (S. Rufat, 2017, p.288).

Au Burundi, la croissance démographique soulève des défis majeurs (densité élevée de la population, le poids excessif des jeunes, l'accroissement rapide de la population,…) dans certains domaines tels que l'agriculture, la foresterie et changement d'affectation des terres, l'eau, la santé, l'énergie et le transport sont plus vulnérables et affectent les efforts de développement du pays[2].

De plus, la gravité et la fréquence des catastrophes naturelles augmentent constamment au Burundi depuis ces dernières décennies en raison des changements climatiques qui s'ajoute à l'urbanisation mal planifiée, la pression de la population sur les ressources naturelles et la dégradation généralisée du sol suite aux exploitations. La baisse de la production, les pertes en vies humaines, les inondations répétitives, les glissements de terrain, l'augmentation des risques de maladies, la perte de la biodiversité, etc. sont autant de conséquences enregistrées au Burundi suite aux perturbations climatiques.

De tels cas ont été observés dans la commune Mutimbuzi qui fait partie des zones les plus vulnérables aux inondations en raison de sa topographie en plaine ; des facteurs naturels (géomorphologique, hydrographique, climatique), humains (occupation inappropriée des infrastructures) et socioéconomiques (faible capacité d'adaptation des populations).

Selon la matrice de suivi des déplacements de l'Organisation Internationale pour les Migrations, 131 000 personnes auraient été contraintes de quitter leur foyer en 2020, dont 83 % à la suite de catastrophes climatiques et 17 % du fait d'autres facteurs socioéconomiques et les pertes économiques enregistrées sont énormes.

La totalité du Burundi est vulnérable aux risques de catastrophes naturelles causées par l'homme d'après l'Indice de Gestion des Risques (IGR). Du fait de la hausse des températures dans l'Océan Indien, il y a eu une augmentation considérable des fortes pluies dans la région, affectant 268 659 personnes entre 2018 et mai 2021, 36 % d'entre elles ayant été déplacées à l'intérieur du pays (IOM DMT, 2021).

[2] Troisième Communication Nationale sur les Changements Climatiques, Bujumbura, 2019

Ainsi, le rôle prépondérant que joue l'agriculture n'est plus à démontrer dans les pays en développement, et encore moins en milieu rural. La moitié de la population mondiale vit en milieu rural et 75 % de cette population (soit 2,5 milliards) vit de l'agriculture (FAO, 2009). Selon la banque mondiale (2016), dans les pays à faible économie, l'agriculture occupe plus de 80 % de la population active et contribue pour près de 29,7 % au PIB.

L'agriculture a un rôle essentiel à jouer pour assurer la sécurité alimentaire et le bien-être d'une population mondiale croissante (Tripathi *et al.*, 2016; Vogel et Meyer, 2018; Leisner, 2020). C'est l'une des activités humaines la plus liée au climat, et elle est donc particulièrement concernée par le CC.

En effet, le Burundi est très tributaire de l'agriculture et des ressources naturelles, qui constituent la base d'existence d'environ 90 % de sa population majoritairement rurale. Le poids du secteur agricole, bien qu'en diminution depuis 2007 au profit principalement du secteur des services, reste en effet important dans le PIB. C'est le principal pourvoyeur d'emplois, près de 90% de la population (FAO, 2020). Or la structure actuelle de la production, dominée par l'agriculture de subsistance, rend l'économie très vulnérable et fragile car tributaire des conditions climatiques. Les effets néfastes du changement climatique et des phénomènes extrêmes ont certainement exacerbé la vulnérabilité, la pauvreté existante des ménages et les inégalités dans le pays. Les rendements et les productions végétales, animales et halieutiques affichent en général une tendance à la baisse et ne parviennent pas à couvrir les besoins nutritionnels et financiers de la population[3].

Outre les effets directs, les coûts des catastrophes naturelles et l'impact sur le PIB des pertes liées au changement climatique compromettent le développement du Burundi. Les progrès réalisés sont contrecarrés par l'impact du changement climatique. Par exemple, le coût économique annuel des inondations au Burundi représente à lui seul 3,3 millions USD, les pertes liées à la sécheresse (notamment la production agricole) s'élèvent à 20 millions USD par an tandis que les catastrophes naturelles pèsent à hauteur de 23 millions USD (sans compter le coût des glissements de terrain) (UNISDR 2013).

[3] Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité 2013-2020

Face à ces risques climatiques, les ménages ruraux des pays en développement ne peuvent pas empêcher l'occurrence de mauvaises conditions météorologiques. De ce fait, ils sont parfois contraints de s'adapter (Agoussou *et al,* 2012). En fait, les stratégies d'adaptation visent à lisser le revenu (Dercon, 2002), et par conséquent permettrait de lisser la consommation. Les agriculteurs qui implémentent des stratégies d'adaptation pourraient voir leur vulnérabilité décroitre face aux risques climatiques.

Il est donc nécessaire d'évaluer l'impact de divers facteurs déterminants la décision d'une ou plusieurs mesures de précaution spécifiques afin de répondre efficacement aux risques d'inondations fréquents dans la zone étudiée. Ceci est important car l'intervention d'adaptation n'est pas une tâche aléatoire et nécessite des informations scientifiques détaillées pour élaborer efficacement des plans et des programmes spécifiques.

Cette étude s'intéresse particulièrement aux stratégies d'adaptation aux risques des inondations et leur effet sur le bien être des ménages dans la zone d'étude.

I.2. Problématique

Le Burundi est un pays marqué par une croissance démographique de 2,6% par an avec une population totale de 12711579 (Banque mondiale, 2021) et une forte ruralité où l'agriculture est essentiellement pluviale et, par conséquent, largement tributaire des conditions climatiques.

Le secteur agricole du Burundi compte pour 39,6% du PIB, 84% de l'emploi et 95% de l'approvisionnement alimentaire du pays. Il est encore dominé par des activités de subsistance, caractérisées par de faibles rendements et une grande vulnérabilité aux conditions météorologiques. Les petits exploitants agricoles représentent 90% de la population rurale (FIDA, 2022).

Les catastrophes naturelles telles que les inondations constituent un problème majeur pour le développement socioéconomique des ménages ruraux vivant dans des zones exposées aux inondations comme notre zone d'étude. Les inondations ont des effets négatifs sur le bien-être des ménages agricoles (perte des rendements, insécurité alimentaire, perte des revenus, etc.). Les effets directs, les coûts des catastrophes naturelles et l'impact sur le PIB des pertes liées au changement climatique compromettent le développement du Burundi.

Le coût économique annuel des inondations au Burundi représente à lui seul 3,3 millions USD, les pertes liées à la sécheresse (notamment la production agricole) s'élèvent à 20 millions USD par an tandis que les catastrophes naturelles pèsent à hauteur de 23 millions USD (sans compter le coût des glissements de terrain) (UNISDR 2013). Gatumba, est l'une des zones les plus touchées. Des maisons ont été détruites, et des écoles, des centres de santé et des cultures ont été inondés. Selon l'Organisation Internationale pour les Migrations (OIM, 2021), environ 40 000 personnes ont été affectées par les inondations dans cette zone et parmi elles, 13 000 ont dû quitter leurs maisons. Elles se sont installées dans des sites de déplacés ou sont logées dans des familles d'accueil. D'autres personnes sont restées dans leurs maisons inondées par manque d'alternative ou par peur d'abandonner leur quartier et de s'éloigner de leurs moyens de subsistance.

La plupart des études empiriques se sont généralement concentrées sur les stratégies d'adaptation au changement climatique, ses moteurs et ses effets sur le bien-être (voir Shahzad et Abdulai, 2020 ; Alhassan *et al*., 2019 ; Abid *et al*., 2016 ; Ali et Erenstein, 2017 ; Di Falco *et al.*, 2011). Une littérature de plus en plus abondante montre que l'adaptation au changement climatique améliore la productivité et le revenu des ménages agricoles (Shahzad et Abdulai, 2020 ; Ali et Erenstein, 2017 ; Abid *et al.*, 2016).

En outre, les études empiriques sur les décisions d'adaptation des ménages comparent les mesures de bien-être entre ceux qui s'adaptent et ceux qui ne s'adaptent pas, sans classer les stratégies d'adaptation en stratégies agricoles et non agricoles (voir Shahzad et Abdulai, 2020 ; Di Falco *et al.*, 2011).

De plus, la majorité des études empiriques se concentrent sur les décisions d'adaptation des ménages agricoles en réponse aux événements climatiques en moyenne ; Confrontation du changement climatique et des moyens de subsistance : perceptions des stratégies d'adaptation dans le nord-est du Burundi (Pacifique B.*et al.,* 2021), Moyens de subsistance, pouvoir et insécurité alimentaire: adaptation des portefeuilles de capital social dans les crises prolongées - étude de cas du Burundi (Thomas G.A *et al.*,2013), mais peu d'études au Burundi ont été faites pour analyser l'efficacité des stratégies d'adaptation aux inondations des ménages ruraux.

C'est ainsi qu'en prenant le cas des sinistrés des inondations de Mutimbuzi que notre travail se propose de répondre à la question suivante « **Les ménages de Mutimbuzi adoptent-ils des stratégies d'adaptation efficace pour réduire leur vulnérabilité aux inondations**? »

Trois questions spécifiques précisent cette question générale:

- Quels sont les stratégies les plus privilégiées dans la zone d'étude ?
- Quels sont les déterminants de ces choix d'adaptation dans la zone d'étude ?
- Quel est l'effet de ces choix d'adaptation sur le bien être des ménages?

I.3. Objectifs

L'objectif global de cette recherche est d'analyser l'effet des stratégies d'adaptation développées par les ménages de Mutimbuzi face aux inondations.

D'une façon spécifique il s'agit de:

- identifier les stratégies les plus privilégiées dans la zone d'étude ;
- déterminer les facteurs influençant les choix des stratégies d'adaptation dans la zone d'étude;
- évaluer l'effet des stratégies d'adaptation sur le bien être des ménages dans la zone d'étude.

I.4. Hypothèses de recherche

Afin d'atteindre les objectifs, nous testons les hypothèses suivantes :

1. Les stratégies d'adaptation privilégiées des ménages sont purement endogènes.
2. Les facteurs socioéconomiques et psychologiques ont un effet significatif sur les choix des stratégies d'adaptation.
3. Les stratégies agricoles ont un effet significatif sur le revenu des ménages.

I.5. Importance de l'étude

L'étude apporte de nombreuses contributions. Tout d'abord, elle identifie les mesures d'adaptation les plus couramment utilisées par les ménages victimes des inondations dans la zone d'étude ainsi que leurs déterminants. Deuxièmement, la nouveauté de cette étude est l'utilisation de la méthode d'appariement des scores de propension (PSM) pour évaluer l'effet de la décision d'adaptation des ménages sur leur revenu.

Beaucoup des études se sont concentrées sur les adaptateurs et les non-adaptateurs et n'ont pas pris en compte les différences entre les adaptateurs qui utilisent des stratégies sur l'exploitation et hors de l'exploitation, comme le fait cette étude. Troisièmement, elle contribue au développement de la littérature sur l'étude empirique des facteurs socio-économiques, psychologiques et institutionnels qui influencent les décisions d'adaptation aux inondations.

Alors que la plupart des études empiriques se concentrent sur les décisions d'adaptation des ménages agricoles en réponse aux événements climatiques en moyenne, cette recherche examine les décisions d'adaptation des ménages à une forme spécifique d'événement météorologique, à savoir les inondations. Quatrièmement, elle examine l'effet des stratégies d'adaptation à l'intérieur et à l'extérieur de l'exploitation sur le revenu des ménages agricoles.

Cinquièmement, elle peut être utilisée comme un tremplin pour les chercheurs ainsi que pour les décideurs politiques et les parties prenantes dans la gestion des risques d'inondation.

I.6. Organisation de la recherche

Cette recherche s'articule autour de 5 chapitres : Le premier chapitre repose sur le contexte du problème de la recherche et son contexte, Le chapitre 2 présente une approche théorique et empirique sur les stratégies d'adaptation des ménages aux inondations. Le chapitre 3 présente le cadre méthodologique de la recherche ainsi que son applicabilité. Le chapitre 4 expose les principaux résultats et discussion et enfin le dernier porte sur la conclusion générale et les recommandations.

I.7. Délimitation du travail

Le présent travail est délimité dans le temps et dans l'espace. Ce travail utilise les données transversales et porte sur les zones inondables de Mutimbuzi plus spécifiquement les victimes des inondations déplacés de 2020 afin d'analyser la décision d'adaptation de ces ménages d''une part et l'effet de cette décision sur le revenu de ces derniers d'autre part.

Conclusion du premier chapitre

Ce chapitre a démontré le niveau de vulnérabilité des ménages ruraux suite au changement climatique en général et aux inondations en particulier. Le constat est que le changement climatique n'épargne aucun pays quant à ses impacts négatifs, mais ce sont surtout les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés comme le Burundi qui sont les plus touchés du fait qu'ils manquent de moyens d'atténuer ou /et de s'adapter à ces changements d'une part et d'autre part, par la forte dépendance de l'économie de ces pays au secteur primaire (agriculture, élevage, pêche, foresterie, etc.), qui est très sensible aux conditions climatiques sévères et demeure encore traditionnel. Ainsi, chaque année, des millions de personnes et des milliards d'euros d'actifs à travers le monde sont affectés par les inondations, lesquelles sont à l'origine de plus de pertes sur les plans économique, social et humanitaire à l'échelle mondiale que n'importe quel risque naturel. Par ailleurs, les bassins et plaines hydrographiques figurent parmi les secteurs les plus exposés à ces calamités hydro-climatiques (GIEC ,2014) comme la commune Mutimbuzi qui est aussi très vulnérable aux inondations. Face à ces risques climatiques, les ménages ruraux des pays en développement ne peuvent pas empêcher l'occurrence de mauvaises conditions météorologiques. De ce fait, ils sont parfois contraints de s'adapter (Agoussou *et al,* 2012).

C'est dans ce contexte que les questions de recherche, les objectifs et les hypothèses ont été reformulés afin de savoir si les ménages de Mutimbuzi adoptent des stratégies d'adaptation efficaces pour réduire leur vulnérabilité et enfin, la contribution et la portée de cette étude a été décrites dans cette partie.

CHAP. II : REVUE THEORIQUE ET EMPIRIQUE DANS LE CADRE D'ADAPTATION

Dans ce chapitre, nous présentons une revue de la littérature sur le concept d'adaptation au changement climatique en général et aux inondations en particulier. L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension de différentes terminologies et différents concepts développés autour de l'adaptation en mettant l'accent sur l'adaptation des ménages face aux inondations mais aussi quelques théories économiques utilisées dans cette recherche.

II.1. Revue théorique

II.1.1. Clarification des concepts

II.1.1.1. Changement Climatique

Le CC est défini comme un changement dans l'état du climat qui peut être identifié par des changements dans la moyenne (par exemple, en utilisant des tests statistiques) et / ou la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement des décennies ou plus (Shukla *et al.,* 2016). Selon le GIEC (2014) les activités humaines étant les principales responsables du CC actuel.

II.1.1.2. Risque

La plupart des disciplines utilisent le concept de risque. Par exemple, il est traité en mathématiques, en économie, en psychologie, ou encore en médecine (Aven, 2012).

Bien que les façons de l'étudier et de le définir diffèrent en fonction des approches, un risque implique toujours une situation ou un événement dont les conséquences ne peuvent pas être prédites avec certitude en l'état actuel des connaissances. De manière générale, ce concept permet donc d'analyser des phénomènes lorsqu'on ne connaît pas toutes les relations de causalité qui les entrainent. Ainsi, le risque se compose de deux éléments principaux : des conséquences et l'incertitude qui s'y rapporte.

De plus, les points de vue sur la nature des conséquences divergent. En effet, le risque peut ne concerner que des conséquences incertaines indésirables, comme en psychologie (Fischhoff *et al.* 1978), ou se rapporter à des conséquences aussi bien négatives que positives, comme en microéconomie (Gollier, 1999).

II.1.1.3. Spécificités des risques d'inondation

Les inondations sont des phénomènes physiques naturels ou en partie induits par des activités humaines. Elles désignent la "submersion temporaire, par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal".

Lorsque ces phénomènes sont étudiés indépendamment de leurs conséquences sur les populations, ils sont qualifiés d'aléas car ils ne sont pas prévisibles avec certitude. Ils ne sont pas considérés comme des risques qu'à partir du moment où ils sont susceptibles d'avoir des conséquences sur les sociétés humaines (Burton *et al.*, 1978).

Les conséquences des inondations peuvent être positives ou négatives pour les sociétés. D'une part, les bénéfices apportés par ces phénomènes sont multiples. Par exemple, en humidifiant et en apportant des éléments nutritifs aux sols, ou encore en éliminant les excédents de sel qu'ils peuvent contenir, les inondations peuvent favoriser la productivité agricole (Yevjevich, 1994). De plus, certains écosystèmes sont adaptés aux inondations et peuvent pâtir de leur réduction (Benke, 2001). D'autre part, les inondations peuvent évidemment être à l'origine de pertes humaines et de dégâts matériels et économiques (Yevjevich, 1994).

Les inondations sont donc des risques dans la mesure où elles entrainent potentiellement des conséquences positives ou négatives pour les populations humaines et que ces conséquences ne sont pas complètement prévisibles.

II.1.1.4. Exposition

L'exposition rend compte de dimensions externes liées à la présence de personnes, de biens, d'infrastructures, d'écosystèmes (ressources ou services environnementaux) susceptibles de subir des dommages par rapport à un aléa fonction des paramètres climatiques (GIEC, 2014).

L'exposition d'une population à un risque d'inondation dépend ainsi de la probabilité que cette population soit touchée par une inondation, de l'étendue spatiale potentielle de cette dernière, et de sa durée.

II.1.1.5. Sensibilité

La sensibilité et la capacité d'adaptation quant à elles relèvent des caractéristiques internes au sens d'intrinsèques à un système (GIEC, 2014). La sensibilité exprime la réactivité aux aléas climatiques, c'est-à-dire la propension à être plus ou moins affecté (Preston et Stafford-Smith, 2009; GIEC, 2014). Elle peut varier considérablement selon les systèmes. Enfin, la capacité d'adaptation rend compte de la capacité d'un système à gérer son exposition et/ou sa sensibilité au CC, c'est-à-dire la capacité à générer et à mettre en oeuvre des mesures d'adaptation (Downing, 1990; Berry *et al.*, 2006; Füssel et Klein, 2006; Deressa *et al.*, 2008; Fatemi *et al.*, 2017; Maiti *et al.*, 2017; European Environment Agency (EEA), 2017).

II.1.1.6. Vulnérabilité

La vulnérabilité est un concept proche de la résilience ou plus précisément de la non résilience.

Certains auteurs estiment que les deux notions sont liées tandis que pour d'autres il s'agit de concepts différents. O'Brien *et al.* (2004), et Adger (2006) définissent la vulnérabilité comme le degré de susceptibilité et d'incapacité d'un système à faire face aux perturbations. Dans la même logique Folke *et al.* (2002) affirment que la vulnérabilité est comme le revers de la médaille ou l'antonyme de la résilience.

En écologie, Adger (2006) et Gallopín (2006) considèrent que la vulnérabilité d'un système est déterminée par son exposition, sa sensibilité et sa résilience ou sa capacité d'adaptation à la perturbation. Cutter *et al.* (2008) font le constat que la vulnérabilité et la résilience sont deux concepts liés, mais distincts, où le premier se rapporte à l'état du système avant et le second à la réponse du système après la perturbation.

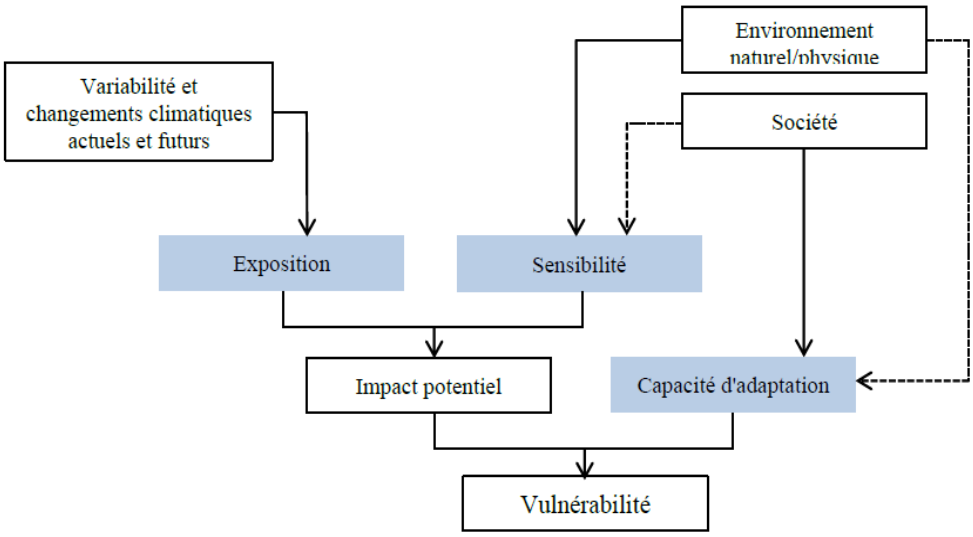
Par ailleurs, certains travaux présentent la vulnérabilité comme le contraire de la résilience (Adger, 2000, Holling et Gunderson, 2002), d'autres comme un élément de la résilience (Chapin *et al.*, 2009), ou encore comme englobant la résilience (Gallopín, 2006).

Brooks (2003,p.3) affirme qu'il n'y a de sens qu'à parler de la vulnérabilité d'un système donné à un aléa particulier ou à une série d'aléas, l'aléa ou l'événement climatique étant défini comme " les manifestations physiques de la variabilité ou du changement climatique", telles que les inondations. L'interaction entre les aléas et les propriétés du système humain qui est exposé et affecté par les aléas conduit à une catastrophe.

Le degré de vulnérabilité d'une société dépend non seulement de son niveau d'exposition et du type d'aléa, comme l'indique Brooks (2003), mais aussi de la fragilité ou de la prédisposition des éléments à risque à subir des dommages, ainsi que du manque de résilience ou de capacité de réaction de la société (Birkmann *et al.*, 2014).

La vulnérabilité au CC est très souvent définie comme une fonction de l'exposition, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation, chacune capturant différents éléments de vulnérabilité (GIEC, 2001, 2007; Polsky *et al.*, 2007; Tesso, 2013; Tzilivakis *et al.*, 2015; Rana et Routray, 2016; Fatemi *et al.*, 2017; Maiti *et al.*, 2017).

Figure 1 : Composante de la vulnérabilité



Source: Fritzsche *et al.* (2015)

Ainsi, Birkmann *et al.*, 2014 a fait une synthèse de définitions selon les différentes dimensions de vulnérabilité comme le montre le tableau suivant :

Tableau 1 : Dimensions de la vulnérabilité

Dimension	**Définition**
Sociale	Propension du bien-être humain à être endommagé par la perturbation des systèmes sociaux individuels (santé mentale et physique) et collectifs (santé, services d'éducation, entre autres) et de leurs caractéristiques (par exemple, le genre, la marginalisation des groupes sociaux).
Economique	Propension à la perte de valeur économique due à la détérioration des biens matériels et/ou à la perturbation de la capacité de production.
Physique	Risque de dommages aux biens matériels, y compris les zones bâties, les infrastructures et les espaces ouverts.
Culturale	Risque d'atteinte aux valeurs immatérielles, y compris la signification des objets, des coutumes, des pratiques habituelles et des paysages naturels ou urbains.
Environnementale	Risque d'atteinte à tous les systèmes écologiques et biophysiques et à leurs différentes fonctions, telles que les fonctions des écosystèmes et les services environnementaux.
Institutionnelle	Risque de dommages aux systèmes de gouvernance, à la forme et à la fonction organisationnelles, ainsi qu'aux règles formelles/légales et informelles/coutumières.

Source : Birkmann *et al.*, 2014

Quant à la vulnérabilité d'un système social par rapport à un risque, il s'agit de la mesure dans laquelle le système est susceptible d'être modifié par les conséquences du risque.

La vulnérabilité d'une population aux inondations résulte notamment de deux éléments opposés : la sensibilité et la capacité de réponse à ces risques.

La gravité potentielle des inondations pour un système social dépend à la fois de son exposition et de sa vulnérabilité aux inondations. Par exemple, une communauté peut être très vulnérable à ce risque sans y être exposée du tout et aura alors une probabilité nulle de subir des dommages du fait des inondations. De la même manière, un système social exposé aux inondations mais dont la vulnérabilité à ces phénomènes est très faible sera probablement faiblement affecté en cas d'inondation. A l'inverse, les inondations constituent une menace significative pour les sociétés qui y sont à la fois exposées et vulnérables (Gallopin, 2006).

Dans le tableau suivant, nous présentons quelques méthodes économétriques de l'évaluation de la vulnérabilité :

Tableau 2 : Méthodes économétriques de l'évaluation de la vulnérabilité

Méthodes	**Description**	**Références**
Vulnérabilité comme la pauvreté prévue	- La vulnérabilité d'une personne est conçue comme la probabilité que cette personne devienne prochainement pauvre si elle n'est actuellement pas pauvre ou si cette personne continue d'être pauvre si elle est actuellement pauvre - La consommation (revenu) est utilisée comme base de procuration pour le bien-être. - Cette méthode est basée sur l'estimation de la probabilité qu'un choc donné, ou un ensemble de chocs, déplace la consommation des ménages en dessous d'un niveau minimum donné (par exemple, ligne de pauvreté de consommation) ou oblige le niveau de consommation à rester en dessous de l'exigence minimale requise si elle est déjà inférieure à ce niveau	(Christiaensen et Subbarao, 2005; Chaudhuri *et al.*, 2011)
Vulnérabilité comme une faible utilité attendue	La vulnérabilité est définie comme la différence entre l'utilité dérivée d'un certain niveau de certitude - la consommation équivalente au-delà de laquelle le ménage ne serait pas considéré comme vulnérable et l'utilité attendue de la consommation. - L'inconvénient de cette méthode est qu'il est difficile de tenir compte de la préférence des individus.	(Ligon et Schechter, 2003)
Vulnérabilité comme exposition au risque non assurée	- Elle est basée sur une évaluation ex post de perte de bien-être entraîné par un choc. - L'impact des chocs est évalué en utilisant des données de panel pour quantifier la variation de la consommation induite. - La valeur de la perte encourue en raison de chocs équivaut au montant payé en tant qu'assurance pour garder un ménage aussi bien que précédemment (avant le choc). - Cette méthode nécessite plusieurs bases de données.	(Hoddinott et Quisumbing, 2003)

Source: Deressa *et al.* (2008)

II.1.1.7. Résilience

La résilience signifie généralement la capacité d'un système ou d'une communauté qui est exposée aux aléas à résister, à s'adapter et se rétablir de manière rapide et efficace, et la capacité d'adapter ou de modifier ses structures et fonctions de base essentielles (UNISDR, 2015).

La résilience est définie comme « l'aptitude à anticiper les chocs et stress (liés au climat), à les éviter, les planifier, à y faire face, s'en relever et s'y adapter » (DFID, 2014).

❖ **La théorie de la résilience dans la littérature**

La théorie de la résilience traite la force que les individus et les systèmes démontrent pour faire face aux adversités (Van Breda, 2001). Les travaux de plusieurs auteurs sur la résilience dans plusieurs disciplines scientifiques permettent de représenter l'évolution du concept de la résilience depuis les années 1970 à nos jours, comme indiqué dans le graphique ci-dessous.

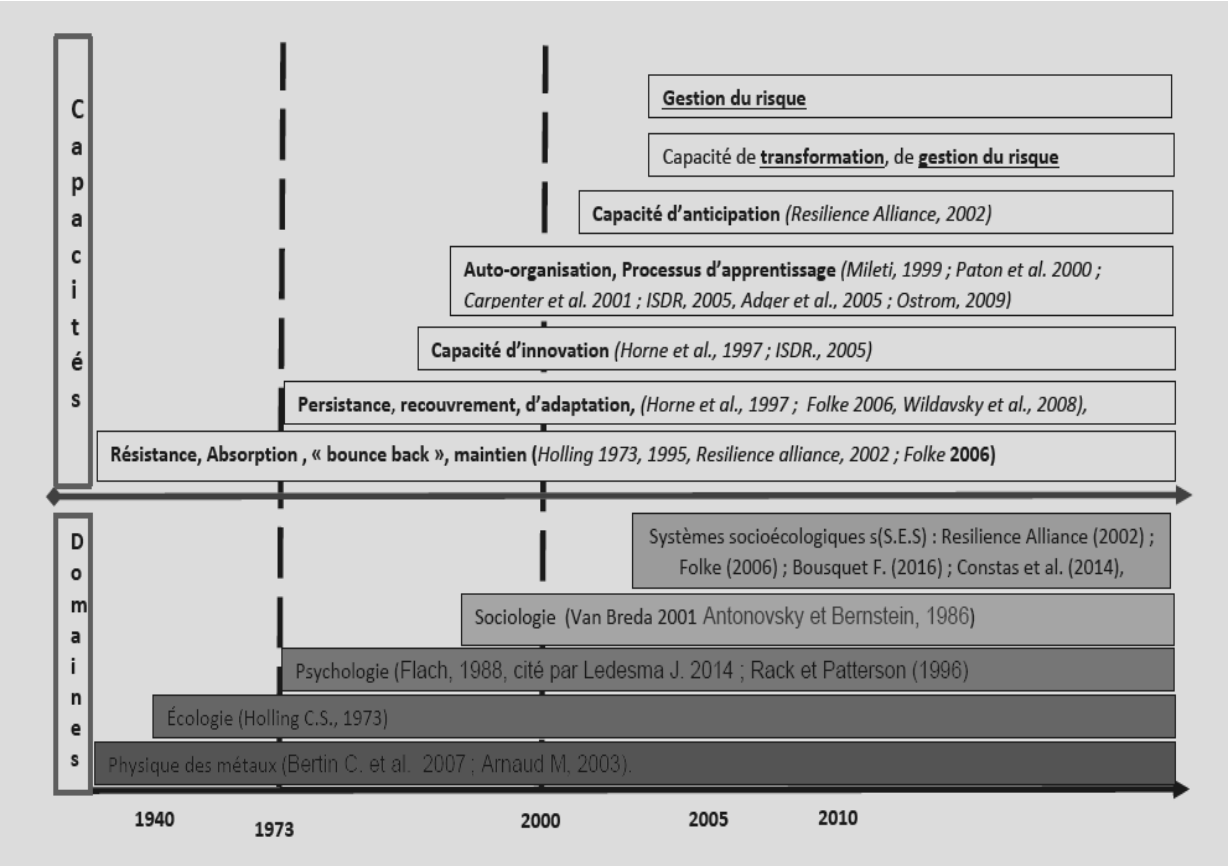
Ce graphique permet de distinguer trois grandes phases dans l'émergence du concept de résilience. Il s'agit de :

i) Les précurseurs (avant les années 70), la théorie de la résilience est apparue premièrement dans le domaine de la physique des métaux, puis en écologie avec les travaux de Holling (1973), appuyé par de nombreux autres travaux (Holling *et al.* 1995, Resilience Alliance, 2002, ISDR, 2005, etc.).

ii) L'époque des sciences sociales, précisément celles consacrées au système cognitif (la psychologie, avec les études sur les enfants à risque, ainsi que le traitement des maladies psychopathologiques et psychiatriques) ou à l'interaction sociale (notamment avec la prise en compte des dimensions de l'homme, des groupes et des organisations dans la définition de la résilience).

iii) L'extension vers le développement durable.

Figure 2: Évolution du concept de la résilience (de 1973 à 2017)



Source : Adapté des travaux de Holling (1973), Horne et al (1997), Folke (2006) et Botta A, Bousquet F (2017)

Au regard de la littérature, l'adaptation requiert un certain nombre de capacités du système social. Les ménages agricoles affectés par un ou plusieurs chocs climatiques (sècheresse, inondation, etc.) ont besoin de s'adapter, s'ajuster et de prendre des décisions délibérées et planifiées pour atteindre un état désiré de bien-être malgré les changements des conditions (Malone, 2009). Selon Becchetti & Castriota (2011), l'adaptation c'est aussi cette capacité de prendre l'avantage (ou de profiter) du changement pour se renforcer ou revenir à un état d'équilibre meilleur que celui d'avant le choc, de sorte à éviter le piège et le risque de vulnérabilité.

Le programme BRACED identifie aussi l'apprentissage comme un autre élément de la capacité d'adaptation. C'est le cas lorsque les agriculteurs décident de diminuer leur dépendance vis-à-vis des sources de subsistance qui ont été affectées par certaines catastrophes en faveur d'autres sources de subsistance (BRACED, 2016). Berkes *et al.* (2003) soutiennent également que l'apprentissage joue sur les stratégies d'adaptation aux chocs. Selon eux, « la capacité d'adaptation est la capacité d'apprendre, de combiner la connaissance et l'expérience, d'ajuster les réponses aux changements survenus afin de continuer à opérer » (traduction libre de Berkes *et al.* 2003 cité par Béné *et al.,* 2014).

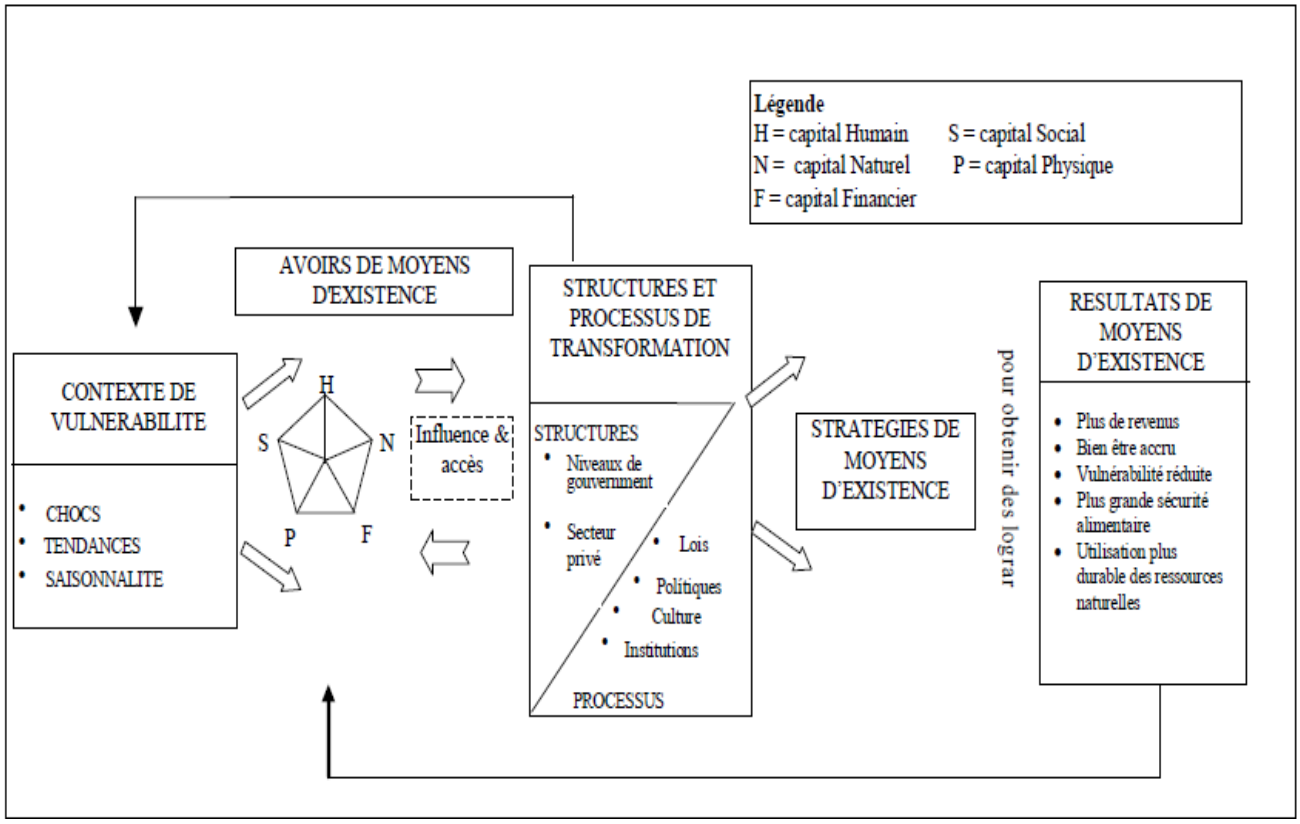
En mesurant la résilience à travers la variation du bien-être du ménage après l'apparition d'un choc, la nécessité de comparer la situation avant et après le choc s'impose et requiert de données de panel. Face à la rareté de ces données dans les pays en développement où le modèle a été testé, les auteurs ont opté pour les données transversales avec l'utilisation de groupes traités et témoins (Alfani *et al.,* 2015).

II.1.1.8. Stratégies d'adaptation

L'approche d'analyse des stratégies d'adaptation utilisée est le « livelihood » ou moyens d'existences des ménages. C'est un concept alternatif à celui de « système » comme paradigme de conceptualisation des modes de production et de vie des ménages et groupes sociaux. Cette théorie expose comment les ménages, évoluant dans un contexte de vulnérabilité (notamment les inondations qui nous intéressent dans cette recherche), s'appuient sur les différents capitaux qui constituent leurs moyens d'existence pour atteindre des résultats qui représentent des stratégies de survie.

Mis au point par le Department For International Development (DFID), le cadre théorique de l'approche par les moyens d'existence durables présente les principaux facteurs qui affectent le bien-être et les relations entre ces facteurs. La figure qui suit est une forme simplifiée de cette approche. Elle présente les éléments à prendre en compte pour cette analyse.

Figure 3 : Approche d'analyse des stratégies d'adaptation par DFID



Source: DFID (1999)

Le contexte de vulnérabilité sous-entend l'environnement des individus. Leurs stratégies de survie ainsi que leurs biens sont fondamentalement affectés par les chocs (catastrophes naturels, conflits, problèmes de santé, changements climatiques particulièrement dans ce cas, etc.), par les tendances critiques (tendance d'évolution des ressources, de la population, des politiques de développement, de la technologie, du marché national et international, etc.) et par la saisonnalité (variation des prix, des opportunités d'emploi, de la disponibilité des aliments, etc.). Ces éléments peuvent avoir des impacts directs sur les moyens d'existence des individus et sur les opportunités qui s'offrent à eux dans la poursuite d'un bien être.

En effet, confrontés à l'instabilité de leurs moyens de subsistance, les individus vulnérables peuvent réagir de façons différentes. Face à des chocs, par exemple des inondations ou des guerres civiles, ils peuvent être obligés d'immigrer abandonnant leurs habitats et leurs ressources productives.

Aussi suite à des fluctuations dramatiques du revenu, ou de leurs biens, les individus vulnérables peuvent rechercher avant tout la stabilisation du revenu et des moyens de subsistance plutôt que la maximisation du revenu. Ces stratégies réduisent leur exposition au risque tout en diminuant sérieusement leur revenu moyen et les moyens de subsistance. Parallèlement, ils peuvent essayer de lisser leur consommation en réalisant des stocks, en retirant les enfants de l'école et en recourant au crédit informel, autant d'efforts qui se révèlent souvent inadéquats ou plutôt aggravent leur vulnérabilité. Devant les fluctuations du revenu d'un ménage, ils doivent ajuster leurs dépenses de consommation en fonction des nouvelles disponibilités. Les plus marqués sont les ajustements effectués par les ménages les plus vulnérables, qui subissent de rudes chocs et des variations considérables en pouvoir d'achat. Partout, les fluctuations de prix et de revenu provoquent des réactions et des changements du niveau de consommation des ménages vulnérables.

Les *stratégies de survie* sont représentées par la manière dont les individus combinent et utilisent leurs capitaux pour atteindre leurs objectifs ou arriver aux résultats escomptés. Les stratégies de survie sont généralement présentées comme de " bonnes choses " alors qu'elles consistent parfois à choisir le moindre mal entre des priorités relatives, par exemple, entre un bienfait pour l'environnement et un bienfait pour l'être humain, entre la subsistance immédiate et l'adaptation durable à un changement irréversible (Davies, 1994). Ces objectifs ou résultats sont : une amélioration du bien-être, une réduction de la vulnérabilité, une amélioration de la sécurité alimentaire, un accroissement du revenu, une utilisation durable des ressources naturelles.
Ces stratégies d'adaptation peuvent être implémentées à l'échelle de l'exploitation agricole (stratégies agricoles) ou hors de celle-ci (stratégies non agricoles).

II.1.1.9. Caractéristiques de l'adaptation

Dans la littérature, on trouve plusieurs caractéristiques de l'adaptation au CC, qui sont importantes pour faciliter les initiatives d'adaptation (Smit *et al.*, 2000; Moss *et al.*, 2001; Adger *et al.*, 2005), mais qui rendent le processus complexe (Russel *et al.*, 2018). La mise en oeuvre des pratiques d'adaptation peut aller de l'adaptation à court terme à des transformations plus profondes et à plus long terme ((Smit et Wandel, 2006; Moser et Ekstrom, 2010). Les décisions concernant l'adaptation peuvent être prises à des échelles spatiales localisées (par exemple un écosystème) ou très larges (par exemple à l'échelle nationale).

Une grande partie de cette adaptation est réactive, dans le sens où elle est déclenchée par des événements passés ou actuels, mais elle est également anticipative dans le sens où elle est basée sur une évaluation des impacts futurs (Adger *et al.*, 2005). En fonction de son degré de spontanéité, elles peuvent être autonomes ou planifiées (Smit *et al.*, 2000).

Comme toutes mesures, l'adaptation au CC peut entraîner des coûts importants. Compte tenu de sa complexité conceptuelle, l'évaluation de sa performance à travers plusieurs critères économiques (efficacité, efficience, durabilité etc.) est très utile pour clarifier les relations entre les impacts du CC et les initiatives d'adaptation, mais complexe à mettre en œuvre. Par exemple Owen (2020) a évalué l'efficacité de certaines mesures d'adaptation à l'aide de cinq indicateurs: réduction des risques et de la vulnérabilité, développement de systèmes sociaux résilients, amélioration de l'environnement, augmentation des ressources économiques et renforcement de la gouvernance et des institutions. De même Adger *et al.* (2005) ont évalué l'adaptation en fonction de l'équité, la légitimité sociale et la durabilité. L'adaptation peut être motivée par de nombreux facteurs, notamment la protection du bien-être économique ou l'amélioration de la sécurité (Adger *et al.*, 2005). Plusieurs analyses ont permis de mieux identifier et comprendre les mesures d'adaptation possibles et susceptibles d'avoir un impact, si elles étaient mises en oeuvre (Smit *et al.*, 2000; Adger *et al.*, 2005; Smit et Wandel, 2006; Barnett et O'Neill, 2010; Moser, 2011). Ces adaptations sont basées essentiellement sur l'expérience et l'observation et peuvent prendre de nombreuses formes (Biagini *et al.*, 2014).

Elles peuvent être politiques (accord régional sur l'exploitation d'une ressource naturelle), institutionnelles (création d'une coopérative), structurelles (infrastructure), économiques (subventions), règlementaires (faciliter l'accès à l'assurance) et techniques (plantation de variétés tolérantes).

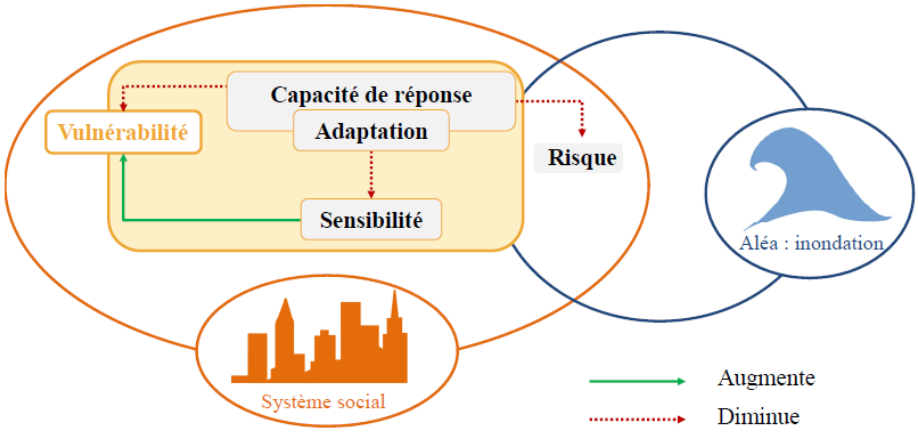
II.1.1.10. Adaptation aux inondations

L'adaptation aux inondations est incertaine, car les conséquences du changement climatique sont complexes, car elles impliquent des interactions entre des systèmes sociaux, économiques, démographiques, spatiaux et naturels qui varient dans l'espace et dans le temps.

L'adaptation aux inondations fait référence à la mise en œuvre d'une série de mesures visant à réduire l'occurrence et l'impact potentiel des inondations (Tanoue *et al*. 2021).

Les réponses de la société aux changements climatiques traduisent concrètement les stratégies d'adaptation mises en œuvre par les communautés humaines (Arry *et al.*, 2014) ainsi que celles des groupes de personnes spécifiques qui les composent (Dekens, 2007). Elles peuvent revêtir plusieurs formes qui sont fonction de la vulnérabilité structurelle (physique, socio-économique) des ménages soumis à l'épreuve (Brooks *et al.*, 2005; Smit et Wandel, 2006; Engle, 2011; Birk et Rasmussen, 2014) et des contingences soudaines et multi-échelles associées au changement climatique.

Figure 4 : Interaction entre un système social et un risque.



Source : C. Richert, 2017

Cette figure ci-dessous décrit l'interaction entre un système social et un risque. Les objets d'intérêt lors de l'étude de l'interaction entre un système social et un risque sont représentés dans des ovales. Les concepts utilisés pour qualifier cette interaction sont représentés dans des rectangles. Les composantes du système social sont regroupées dans l'ovale orange tandis que l'ovale bleu représente l'aléa inondation. Le système social peut être un foyer ou une population entière exposée aux inondations.

Le risque est au croisement entre le système social et l'aléa. La capacité de réponse, l'adaptation, et la sensibilité font partie de la vulnérabilité et sont donc incluses dans le cadre qui la représente. Le cadre de l'adaptation chevauche le cadre de la capacité de réponse car ces deux concepts ont une composante commune : le potentiel du système social à atténuer les dommages ou à les prendre en charge consciemment lorsque le risque se réalise.

II.1.2. Gestion du risque en agriculture

La notion du risque aussi est pluridisciplinaire (finance, statistique, gestion, psychologie, philosophie, mathématiques, anthropologie, géographique, économie, etc.), et cette réalité conduit également à autant de définitions que de discipline et d'auteurs. Nous nous intéresserons plus au risque du point de vue de l'économiste.

La décision de l'agriculteur de maximiser sa production et son profit n'est pas tout le temps mue par la connaissance de ce qu'il gagne ou perd. Il peut y avoir un manque d'information qui le met dans des situations incertaines. Les facteurs incertains sont pourtant nombreux et récurrents en agriculture. Il peut s'agir d'aléa des pluies, des températures et des récoltes, des instabilités sociales et politiques, des changements de comportement des consommateurs, etc. Selon Brossier (1989), plusieurs économistes font le lien entre le profit et le risque. Pour eux le profit est la récompense de celui qui prend le risque. Pour Hardaker *et al*. (2004), le risque est l'exposition à des conséquences économiques incertaines.

Risque et incertitude semblent ainsi à la fois différents et liés. Selon Harwood *et al*. (1999), le risque est une incertitude pouvant impacter le bien-être de l'individu alors que l'incertitude est une situation dans laquelle il semble n'avoir aucune information sur son occurrence.

En agriculture, grâce à la disponibilité des données (sur le climat et sur le marché par exemple) l'asymétrie de l'information est de plus en plus réduite, ce qui fait que l'on parle de plus en plus de risque plutôt que d'incertitude (Benmihoub., 2015).

Les chercheurs ont distingué des définitions dichotomiques du risque. Machina et Munier (cité par Benmihoud 2015) ont distingué les risques endogènes des risques exogènes. Benmihoub souligne aussi d'autres types d'analyses qui distinguent les risques purs (risque accidentel ayant des inconvénients) des risques spéculatifs (dont les résultats positifs ou négatifs dépendent de la nature). Les risques purs sont a priori rejetés et la gestion confiée à un tiers tel que l'assureur, tandis que les risques spéculatifs sont l'apanage des sociétés bancaires. Pour l'analyse du risque ou des décisions prises par un individu en situation de risque, la théorie de l'utilité espérée est le plus souvent utilisée.

Elle est elle-même dérivée de la théorie des jeux qui associe à chaque joueur une fonction de gain qui est son utilité ou la satisfaction que lui procure le gain qu'il cherche à maximiser. Selon Bernouille cité par Benmihoub (2015), le joueur ne s'intéresse pas à l'espérance mathématique du gain, mais plutôt à l'espérance mathématique de l'utilité du gain.

II.2. Apports des théories économiques dans le cadre d'adaptation

Dans cette section, nous présentons deux types de modèles populaires pour étudier les choix des individus parmi des options risquées : la théorie d'espérance d'utilité proposée par Von Neumann et Morgenstern (1947) et les modèles qui en découlent, comme la théorie d'espérance subjective d'utilité (Savage, 1954), et la théorie prospective développée par Kahneman et Tversky (1979), qui reprend des éléments de la théorie d'espérance d'utilité mais s'en écarte suffisamment pour être considérée comme un paradigme à part (List, 2004).

Selon, la théorie d'espérance d'utilité, le choix effectué par un individu entre plusieurs options résulte de la maximisation d'une fonction de valeur : l'individu choisit l'option pour laquelle cette fonction est la plus élevée.

II.2.1. Apports de la théorie prospective

Étant donné les nombreuses critiques pointant le manque de réalisme de la théorie d'espérance d'utilité (voir par exemple Schoemaker (1982); Machina (1987)), Kahneman et Tversky (1979) ont développé la théorie prospective, qui prend en compte des éléments psychologiques issus d'études empiriques pour expliquer les décisions en univers risqué. Kahneman (2011) a mis à jour cette théorie en s'appuyant sur des travaux qui mettent en évidence l'existence de deux systèmes de pensée, l'un plutôt intuitif et l'autre plus rationnel. Nous commencerons par décrire la théorie prospective avant de présenter la manière dont elle rejoint ou s'éloigne des modèles dérivés de la théorie d'espérance d'utilité. Cela nous permettra d'identifier les éléments qui pourraient être intégrés à la théorie de la motivation à la protection PMT.

D'après la théorie prospective, le choix entre plusieurs options s'effectue en deux étapes principales. Dans un premier temps, les individus reformulent et ajustent les options. Pour ce faire, plusieurs processus cognitifs entrent en jeu. Lors de la seconde étape, les individus évaluent les options reformulées et ajustées en maximisant une fonction de valeur.

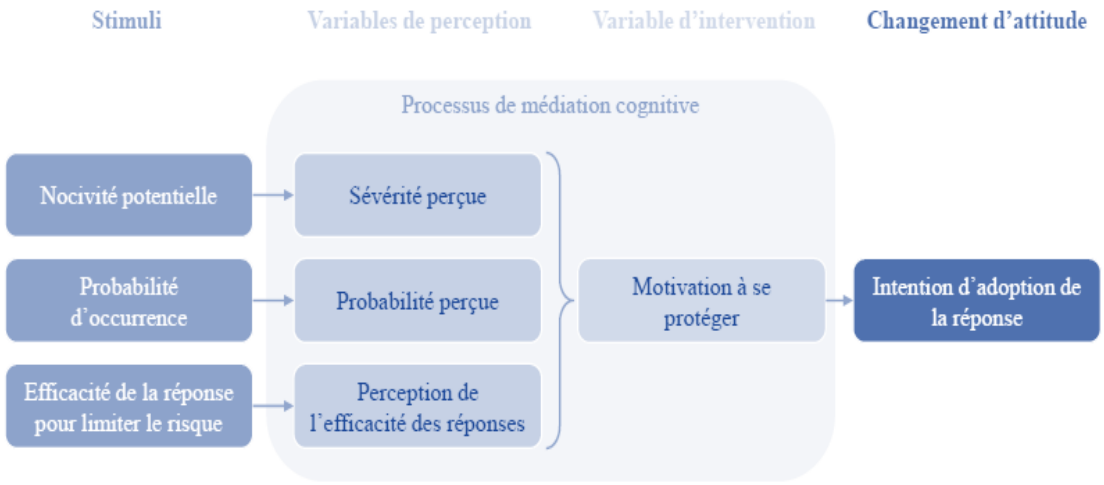
II.2.2.Théorie de la motivation à la Protection

La Théorie de la motivation à la Protection a été proposée en 1975 par Rogers (1975) pour expliquer l'adoption de réponses protectrices face à des situations risquées. Elle a ensuite été révisée par le même auteur en 1983 (Rogers, 1983). La Théorie de la motivation a été utilisée principalement dans le domaine de la santé (Boer et Seydel, 1996).

Néanmoins, cette théorie a également été appliquée à de nombreux autres domaines. Notamment, la pertinence de la théorie de la motivation a la protection (PMT) pour expliquer la mise en place de comportements appropriés et de mesures de prévention contre les inondations a été examinée par plusieurs auteurs (Grothmann et Reusswig, 2006; Bubeck *et al.*, 2012; Reynaud *et al*., 2013; Poussin *et al*., 2014).

Pour la première version de cette théorie, trois variables constituent les stimuli principaux qui peuvent mener à l'adoption d'une réponse pour limiter le risque : la nocivité du risque, sa probabilité d'occurrence, et l'efficacité de la réponse. Chacun de ces stimuli est traité par un processus de médiation cognitive qui consiste à l'évaluer. Les individus perçoivent donc la sévérité de la situation risquée, sa probabilité d'occurrence, et l'efficacité de la réponse en fonction de l'ampleur de chaque stimulus. La motivation d'une personne à adopter la réponse considérée pour se protéger contre la situation risquée dépend alors principalement de ces trois perceptions. La motivation à se protéger est décrite comme une variable d'intervention qui engendre, maintient, et dirige l'action. Cette variable fait donc également partie d'un processus de médiation cognitive et c'est elle qui peut mener à un changement d'attitude, et finalement de comportement.

Figure 5 : Schéma de la Théorie de la motivation à la protection, PMT (Rogers ,1975).

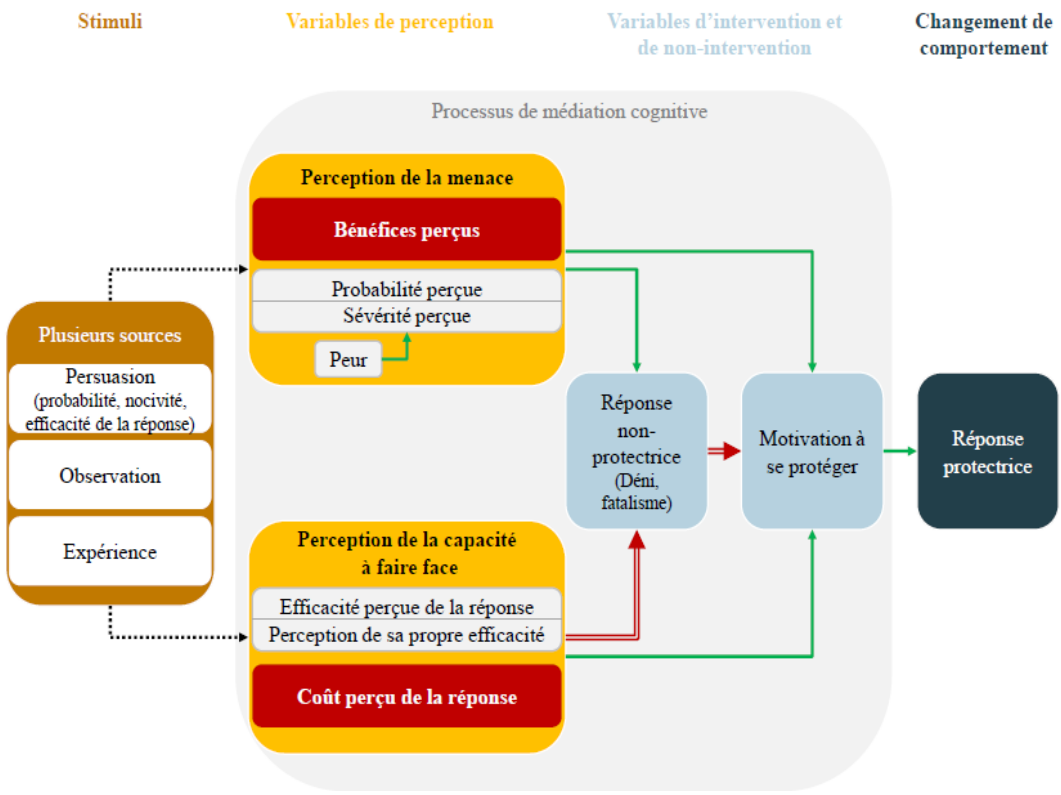


Source : Rogers ,1975

Les variables se rapportent à une situation risquée. L'accolade signifie : "augmentent" et la flèche aussi signifie : "augmente".

D'après Rogers (1983), de nombreuses études empiriques ont confirmé l'effet significatif sur les changements d'attitudes et de comportements des trois stimuli principaux identifiés par la première version de la Théorie de la motivation à la protection (PMT). De plus, plusieurs résultats publiés après le développement de la première version de la PMT suggèrent que la peur n'induit pas de changements d'attitude significatifs (Beck ,1979; Rogers et Deckner ,1975), ce qui a conforté Rogers dans son choix de ne pas donner une importance primordiale à cette émotion pour expliquer ces changements.

Figure 6 : Schéma de la Théorie de la motivation à la protection PMT adapté (Rogers, 1983)



Source : Rogers ,1983

Les flèches noires en pointillés signifient : "influence". Les flèches vertes signifient : "augmente". Les doubles flèches rouges signifient : "diminue". Les variables dans des cadres rouges ont un effet négatif sur la perception à laquelle elles se rapportent. Les variables dans des cadres blancs ont un effet positif sur la perception à laquelle elles se rapportent. La réponse protectrice consiste soit à adopter un comportement adapté, soit à abandonner ou éviter d'adopter un comportement inadapté.

II.2.3. Attitude face aux risques

Comme l'attitude d'une personne face à un objet désigne sa prédisposition à y répondre favorablement ou défavorablement (Ajzen et Fishbein, 1973), l'attitude face au risque d'un individu représente sa propension générale à prendre des risques ou à les éviter. Cette attitude dépend non seulement de la perception du risque, mais aussi de la perception des bénéfices qu'apporte une situation risquée (Weber et *al.*, 2002).

L'attitude face au risque influence les comportements mais ne les détermine pas complètement.

Notamment, selon Ajzen et Fishbein (1973), les comportements réels d'une personne dépendent également des normes sociales et de l'inclination de la personne à s'y conformer.

Le concept psychologique d'attitude face au risque est souvent comparé au concept d'aversion au risque utilisé en économie (Charness *et al.* (2013); Dohmen *et al.* (2011); Reynaud et Couture (2012)). Ce dernier désigne la tendance d'un individu à préférer la certitude par rapport au risque. Il a été défini mathématiquement par Pratt (1964) comme une mesure locale de la concavité de la fonction d'utilité d'une personne pour la monnaie. De ce fait, cette mesure a été proposée à l'origine pour évaluer l'aversion des individus à prendre de faibles risques monétaires. Cependant, en pratique, elle est souvent utilisée pour estimer l'aversion au risque en général (Anderhub *et al.*, 2001; Andersen et al. ,2008; Dohmen *et al.* ,2010).

Nous utiliserons plutôt le concept psychologique d'attitude face au risque car nous souhaitons étudier l'attitude face à un risque particulier, le risque d'inondation, et que celui-ci comprend à priori d'autres aspects que l'aspect monétaire.

La présence d'un risque de base peut influencer l'aversion au risque (Quiggin, 2003; Gollier et Pratt, 1996), qui peut être rapprochée de l'attitude face aux risques financiers. Or, la modification de la perception du risque d'inondation suite à l'expérience d'une telle catastrophe peut être considérée comme un changement concernant le risque de base perçu (Cameron et Shah, 2015). Ainsi, le fait d'avoir vécu une inondation rare et intense devrait plutôt augmenter la perception du risque de base tandis que l'expérience d'une inondation banale et sans gravité devrait la diminuer. Les études théoriques portant sur l'effet d'une augmentation du risque de base sur l'aversion au risque présentent des résultats contradictoires.

Ainsi, d'après Quiggin (2003), l'ajout d'un risque de base diminue la prime d'un risque donné pour les agents dont les préférences présentent une aversion au risque constante. En d'autres termes, la propension de ces agents à prendre un risque donné augmente lorsqu'un risque de base est ajouté. Notons que Quiggin (2003) indique que les préférences qui présentent une aversion au risque constante se caractérisent par le fait que leur ordre n'est modifié ni par l'ajout d'un montant fixe à chaque conséquence, ni par leur multiplication par un même scalaire. Elles sont donc représentées par des fonctions d'utilité pour lesquelles à la fois l'aversion absolue et l'aversion relative au risque sont constantes.

Dans le cadre de la théorie d'espérance d'utilité, seuls les individus neutres au risque présentent une aversion au risque constant (Quiggin, 2003). Les résultats de Quiggin (2003) ont donc une portée limitée si les individus se conforment effectivement à ce cadre. En revanche, Quiggin (2003) souligne que l'aversion au risque constante est compatible avec de nombreuses modélisations des préférences d'agents réticents à prendre des risques issues du cadre de l'espérance d'utilité généralisée. Si les comportements des individus se conforment plutôt à ces modèles, les résultats de Quiggin (2003) devraient donc être retrouvés pour les individus averses au risque. Au contraire, d'après Gollier et Pratt (1996), sous certaines conditions, l'ajout d'un risque de base augmente l'aversion au risque des individus réticents à prendre des risques dont les préférences sont conformes à la théorie d'espérance d'utilité.

Gollier et Pratt (1996) montrent notamment que toutes les fonctions d'utilité à aversion absolue au risque décroissante utilisées classiquement remplissent les conditions nécessaires et suffisantes à l'obtention de ce résultat.

II.2.4. Théorie du bien-être

Tout comme la résilience, le concept de bien-être regorge une pléthore d'approches issues de disciplines variées (économie, psychologie, sociologie, et philosophie). Notre intérêt est porté sur les considérations socioéconomiques du concept. Pour les auteurs comme Pigou (1922) et William (1976), le bien-être renvoie souvent à la notion de bonheur et de prospérité.

Même si pour Pigou le seul moyen de mesurer le bien-être c'est en termes d'argent, il admet tout de même que celui-ci est une perception de l'individu, un état de conscience pouvant être classifié du meilleur au pire.

D'autres économistes représentent le bien-être comme l'utilité ou la satisfaction d'un individu, cette utilité étant maximisée par ses choix et ses décisions (Van Praag et Frijerts 1999, Tinbergen 1991). Pour eux, l'approche du bien-être est basée sur le concept d'optimum de Pareto, ce qui suppose l'existence d'une fonction d'utilité représentant les préférences de chaque individu. De l'optimum de Pareto émanent deux théorèmes fondamentaux du bien-être : i) le premier selon lequel tout équilibre walrasien est Pareto efficace, ii) le second suppose que toute répartition Pareto efficace conduit à un équilibre walrasien après redistribution des dotations dans l'économie (Arrow 1962).

L'utilité est une mesure du bien-être ou de la satisfaction obtenue par l'obtention d'un bien, d'un service ou d'argent (Mosnier, 2009). Bien qu'elle soit généralement économique, cette rationalité peut être écologique ou socioculturelle (Rasmussen et Reenberg, 2012).

Pour les sociologues, il faut faire une nuance entre le bien-être individuel (*well-being*) et le bien-être social (*welfare*) qui réfère à toute assistance publique ou tout service de subsistance pourvu à la société, autrement dit tout ce qui peut combler les besoins essentiels des individus et des familles (Titmuss 1968 cité par Tisseron, 2009, Magdalou 2014). Le bien-être social serait donc un meilleur accès possible aux ressources économiques, un niveau élevé de bien-être individuel incluant le bonheur, la prospérité, et la capabilité d'assurer une vie meilleure.

Le bien-être est souvent mesuré au niveau macro (avec des indicateurs nationaux d'accès aux ressources : ex PIB, indice de Gini, etc.) et au niveau micro/individuel (sentiment de bonheur, le niveau du revenu individuel, etc.).

II.2.5.Théorie de la modélisation des déterminants d'adaptation

Les modèles Logit et Probit sont couramment utilisés pour établir la relation entre les caractéristiques du ménage et une variable de réponse dichotomique, selon la croyance populaire.

Les modèles définissent une relation fonctionnelle entre les variables dépendantes et diverses variables explicatives. Gujarati (1995), a également souligné que le modèle probit et le modèle logistique sont presque identiques en termes de résultats et de formulation sauf que le modèle probit a des queues légèrement plus plates que le modèle logistique, c'est-à-dire que la courbe probit se rapproche plus rapidement des axes que la courbe logistique.

Il en résulte que le choix entre les deux est purement mathématique. Dans ce cas, le modèle logit est préféré au modèle probit. Une étude similaire (Hosmer *et al.,* 1989) affirme que la distribution logistique a un avantage sur les autres dans l'analyse des données dichotomiques parce qu'il s'agit d'une distribution mathématiquement flexible et facile à utiliser, qui donne lieu à des résultats positifs, mathématiquement souple et facile à utiliser.

Par conséquent, le modèle logit binaire a été utilisé dans cette étude, même si les deux modèles peuvent produire des résultats similaires.

II.2.6.Théorie de l'évaluation d'impact (d'effet)

L'évaluation d'impact et /ou de l'effet est une évaluation ex-post destinée à déterminer si une reforme ou un programme donné est efficace ou non. Le problème de l'évaluation de l'efficacité a été défini par Rubin (1974) et porte sur l'identification de l'effet causal d'un programme. L'évaluation d'impact ou l'analyse de l'effet peut être réalisée à travers deux types de méthodes: la méthode expérimentale et la méthode non expérimentale ou quasi-expérimentale. La méthode expérimentale consiste à constituer de manière aléatoire deux groupes de la population étudiée : l'un avant la mise en œuvre du programme et l'autre après le programme. De ce fait, l'impact est mesuré en comparant les résultats des deux groupes. La méthode expérimentale est considérée comme la plus robuste mais sa réalisation est très complexe et difficile car elle nécessite d'énormes ressources financières. Dès lors l'on a généralement recours à la méthode non expérimentale. Cette méthode consiste à construire un groupe de contrôle ressemblant autant que possible au groupe traité (en termes de caractéristiques observées) et qui servira de référence pour l'étude des trajectoires des bénéficiaires du programme.

Cependant, on ne peut évaluer l'efficacité du programme pour chaque bénéficiaire mais on peut plutôt mettre seulement en évidence son effet moyen sur les bénéficiaires (effet moyen du programme sur les traités). En effet, il n'est pas possible d'observer un même bénéficiaire dans les deux situations à la fois, c'est-à-dire avec et sans le traitement. Les groupes de contrôle peuvent présenter des éléments d'hétérogénéité inobservés (biais) qui peuvent influencer leur participation au programme évalué. La question du biais de sélectivité peut conduire à des estimations biaisées des effets du programme (Heckman, Ichimura, Smith, et Todd, 1996).

Pour contrôler le biais de sélection, des techniques économétriques relativement sophistiquées sont choisies en fonction des caractéristiques des unités et des données disponibles. Une des méthodes pour résoudre ce problème est la méthode d'évaluation sur «données non expérimentales». Cette méthode utilise quatre (4) techniques différentes pour la construction du groupe de contrôle : l'appariement (matching) ou le « Propensity Score Matching » (PSM), l'exploitation des données longitudinales (differences in differences), le modèle de sélection et la méthode à variables instrumentales.

II.3. Revue empirique de la recherche

II.3.1. Revue empirique sur les déterminants d'adaptation

Un certain nombre d'études ont été entreprises dans différentes régions du monde afin d'examiner l'influence de divers facteurs sur l'adaptation des ménages. Étant donné que le changement climatique et l'adaptation sont des questions spécifiques au niveau local, les résultats de ces études sont également diversifiés.

En tant que pilier des familles, les profils des chefs de ménage sont couramment utilisés pour examiner le lien avec l'adaptation. Si la plupart des études indiquent que les ménages dirigés par des hommes sont plus susceptibles d'adopter des mesures d'adaptation (Thoai *et al.* 2018 ; Thanh 2016 ; Asrat et Simane 2018 ; Mogomotsi *et al.* 2020), d'autres soutiennent le contraire (Tenge *et al.* 2004). Le fait d'avoir moins d'opportunités d'accès à l'information et aux ressources, tout en ayant à supporter plus de charges familiales que les hommes, en seraient les principales raisons.

Le niveau d'éducation a également été suggéré comme facteur favorisant l'adaptation des agriculteurs (Ndamani et Watanabe 2016 d'adaptation des agriculteurs (Ndamani et Watanabe 2016 ; Thoai *et al.* 2018). À cet égard, Ndamani et Watanabe (2016) ont fait valoir que les agriculteurs plus instruits mieux informés en raison de leur capacité à accéder à des informations sur le changement climatique et les options d'adaptation. Plusieurs études ont également souligné l'importance de l'expérience agricole dans l'augmentation de la probabilité d'adaptation des agriculteurs (Bakhsh et Kamran 2019 ; Thoai *et al.* 2018 ; Tessema *et al.* 2017 ; Kebede *et al.* 1990). En revanche, d'autres affirment que la possibilité d'adaptation est limitée par l'expérience agricole (Shiferaw et Holden 1998 ; Uddin *et al.* 2014 ; Ndamani et Watanabe 2016).

L'une des raisons possibles est qu'une meilleure expérience agricole est souvent associée aux agriculteurs âgés, qui manquent généralement d'intérêt et de motivation pour s'adapter au changement climatique.

En outre, les facteurs liés aux ressources du ménage, tels que le nombre de travailleurs, le niveau de revenu, le revenu non agricole, l'accès au crédit ont également été associés aux décisions d'adaptation des ménages agricoles (Deressa *et al*. 2009 ; Uy *et al.* 2015).

En ce qui concerne les ressources des ménages, la disponibilité de la main-d'œuvre est généralement considérée comme un faciliter le processus d'adaptation (Ndamani et Watanabe 2016 ; Asrat et Simane 2018) et Simane 2018). Une étude de Thoai *et al.* (2018) n'a cependant trouvé aucun lien entre le nombre de travailleurs et l'adaptation. En outre, les études de Ndamani et Watanabe (2016) et Al-amin *et al.* (2020) ont indiqué que le revenu des ménages est crucial pour promouvoir l'adaptation au changement climatique.

En outre, l'implication dans des organisations communautaires s'est avérée efficace pour encourager l'adaptation (Khanal *et al.* 2019). Ce lien a toutefois été infirmé par les conclusions de Thoai *et al.* (2018) et Piya *et al.* (2013), selon lesquelles l'appartenance à des organisations locales ne sert à rien pour augmenter la probabilité d'adaptation.

De même, les facteurs cognitifs ont été inclus par certaines études afin de clarifier leur lien avec l'adaptation au changement climatique.

Les études de Dang *et al.* (2014) et Luu *et al.* (2019) ont montré que la probabilité d'adaptation est plus élevée pour les personnes qui ont une bonne connaissance des risques potentiels du changement climatique et de l'efficacité des mesures d'adaptation.

II.3.2. Revue empirique sur l'attitude au risque

Gollier et Pratt (1996) ont examiné l'impact sur la prise de risque lorsque les individus sont confrontés a plusieurs sources de risque indépendantes et on constate que pour une large classe de fonctions d'utilité, y compris CRRA, les conditions sont remplies pour que l'ajout d'un arrière-plan injuste on prévoit que le risque pour la richesse incitera les personnes vulnérables à se comporte d'une manière plus averse au risque.

Cameron et Shah (2010) fournissent des estimations expérimentales et d'enquête qui soutiennent l'idée que les sujets vivants dans des villages qui ont été exposés à des tremblements de terre ou à des inondations dans le passé présentent plus d'aversion au risque que d'autres dont les villages n'ont pas connu de tels événements. Dans leur analyse, ils constatent que le contrôle de la richesse n'affaiblit pas l'importance de l'effet, ce qui suggère qu'une aversion accrue pour le risque se produit lorsque les personnes concernées perçoivent les événements négatifs futurs comme étant plus probables. Ils trouvent des preuves que les individus mettent à jour et augmentent la probabilité qu'une autre inondation peut se reproduire l'année suivante (mais pas de manière significative pour un tremblement de terre). Les auteurs concluent que leur résultat est dû au fait que les individus perçoivent qu'ils sont désormais confrontés à un risque plus important, donc moins enclins à prendre des risques.

Certains résultats laissent penser que l'expérience d'un risque de grande ampleur diminue l'aversion aux risques financiers. Par exemple, d'après une étude menée par Page *et al.* (2014) quelques semaines après une inondation en Australie, les personnes ayant subi des dommages lors de cet événement étaient beaucoup plus enclines à choisir d'être récompensées pour leur participation par une carte à gratter plutôt que par une somme certaine de 10$. De la même manière, suite à l'ouragan Katrina qui a frappé le Sud-Ouest des États-Unis en 2005, Eckel *et al.* (2009) ont comparé les préférences pour le risque de trois échantillons de personnes : le premier était composé d'individus évacués de la zone à risque et interrogés immédiatement après la catastrophe, le deuxième était constitué de personnes qui ont également été évacuées mais ont été interrogées dix mois après l'ouragan, et le troisième regroupait des habitants de Houston qui n'ont pas été évacués et qui ont été interrogés 10 mois après l'ouragan. Les résultats de cette étude montrent que les individus du premier échantillon avaient une aversion au risque dans le domaine des gains significativement plus faible que les individus des deux autres groupes. En outre, d'après une étude menée par Voors *et al.* (2012) au Burundi en 2009, les membres de communautés exposées à des violences durant la guerre civile (entre 1993 et 2003) étaient en général moins réticents à prendre des risques dans le domaine des gains que les personnes faisant partie de communautés qui n'ont pas été touchées par des violences durant cette période.

En revanche, l'exposition à des violences n'affecte pas l'aversion au risque dans le domaine des pertes selon Voors *et al.* (2012).

D'autre part, certains résultats suggèrent au contraire que l'expérience d'un risque de grande ampleur augmente l'aversion aux risques financiers. Ainsi, Callen *et al.* (2014) ont étudié les préférences pour le risque dans le domaine des gains de citoyens Afghans en fonction des violences auxquelles ces derniers ont été exposés au cours des huit années précédant l'enquête. Leurs résultats suggèrent que les individus qui ont été exposés à des violences présentent une préférence accrue pour la certitude après s'être remémoré ces événements. De même Kim et Lee (2014) ont mis en évidence le fait que les personnes ayant vécu la guerre de Corée alors qu'elles étaient âgées de 4 à 8 ans avaient une aversion au risque dans le domaine des gains supérieurs aux autres en moyenne plusieurs décennies après ce conflit. Dans le contexte des risques naturels, Cameron et Shah (2015) ont trouvé une relation positive entre le fait d'avoir vécu une inondation ou un tremblement de terre au cours des trois années précédant leur enquête et l'aversion au risque dans le domaine des gains.

II.3.3. Revue empirique de l'effet des stratégies d'adaptation sur le bien être

Les résultats d'Akhter Ali *et al.,* 2017 en Ethiopie ont confirmé que la diversification des stratégies agricoles a un effet positif et significatif sur le bien être des ménages ruraux. De plus les résultats de Wanie Jules *et al.,* 2020 d'une étude menée au nord du Cameroun, ont confirmé que la diversification des stratégies agricole accroit le revenu des ménages.

Une étude de Wanno Wallole Wabara dans le sud de l'Ethiopie (cas de la zone de Gamo, 2020) à l'aide de la méthode d'appariement des scores (PSM) ont trouvé un impact positif et significatif de la diversification des moyens de subsistance sur le revenu des ménages ruraux

Ceci est cohérent avec la littérature secondaire qui montre un effet positif de l'adoption de stratégies d'adaptation sur les revenus (Berhe *et al.,* 2017 ; Ali et Erenstein, 2017 ; Riehl *et al.,* 2015 ; Dibba *et al.,* 2012 ; Fernandez *et al.,* 2009). Les études de Mulwa et Visser (2020), Amare et Simane (2018) et Pangapanga *et al.* (2012). Mulwa et Visser (2020) ont utilisé un modèle de correction d'erreur progressif pour analyser l'effet de l'adaptation aux chocs climatiques sur la sécurité alimentaire et ont conclu que la diversification de l'élevage et des cultures améliore la sécurité alimentaire. De même, Amare et Simane (2018) ont utilisé l'appariement des scores de propension pour examiner l'effet de l'adaptation au changement climatique sur la sécurité alimentaire et ont confirmé l'effet positif de l'adaptation sur la sécurité alimentaire.

Les résultats de Hamdiyah Alhassan au Ghana de l'effet des stratégies d'adaptation aux inondations à la ferme et non agricoles sur le revenu des ménages agricoles en utilisant le modèle multinomial à effet de traitement endogène (METE), confirment un effet positif et significatif des stratégies d'adaptation sur la sécurité alimentaire et le revenu des ménages.

Conclusion partielle du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons défini les relations entre le risque, aléas, l'exposition, la vulnérabilité, la sensibilité, la capacité de réponse, et l'adaptation. Ainsi, le degré de vulnérabilité d'une société dépend non seulement de son niveau d'exposition et du type d'aléa, comme l'indique Brooks (2003), mais aussi de la fragilité ou de la prédisposition des éléments à risque à subir des dommages, ainsi que du manque de résilience ou de capacité de réaction de la société (Birkmann *et al.*, 2014). L'exposition d'une population à un risque d'inondation dépend ainsi de la probabilité que cette population soit touchée par une inondation, de l'étendue spatiale potentielle de cette dernière, et de sa durée. Pour cela, l'adaptation des ménages aux inondations a été considérée comme les décisions que prennent les personnes exposées à ces risques. Ces stratégies d'adaptation peuvent être implémentées à l'échelle de l'exploitation agricole (stratégies agricoles) ou hors de celle-ci (stratégies non agricoles).

En plus de cela, nous avons développé les différentes théories économiques et économétriques utilisées dans cette recherche.

CHAP. III : METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Ce chapitre présente la méthodologie utilisée par l'étude. D'abord, le choix et description de la zone d'étude, types et sources de données, l'échantillonnage, Outils et méthodes de collecte et puis le modèle retenu et les méthodes d'analyser des données obtenues sur terrain. Les contraintes rencontrées au cours des enquêtes de terrain ont également indiquées dans cette partie.

III.1. Choix de la zone d'étude

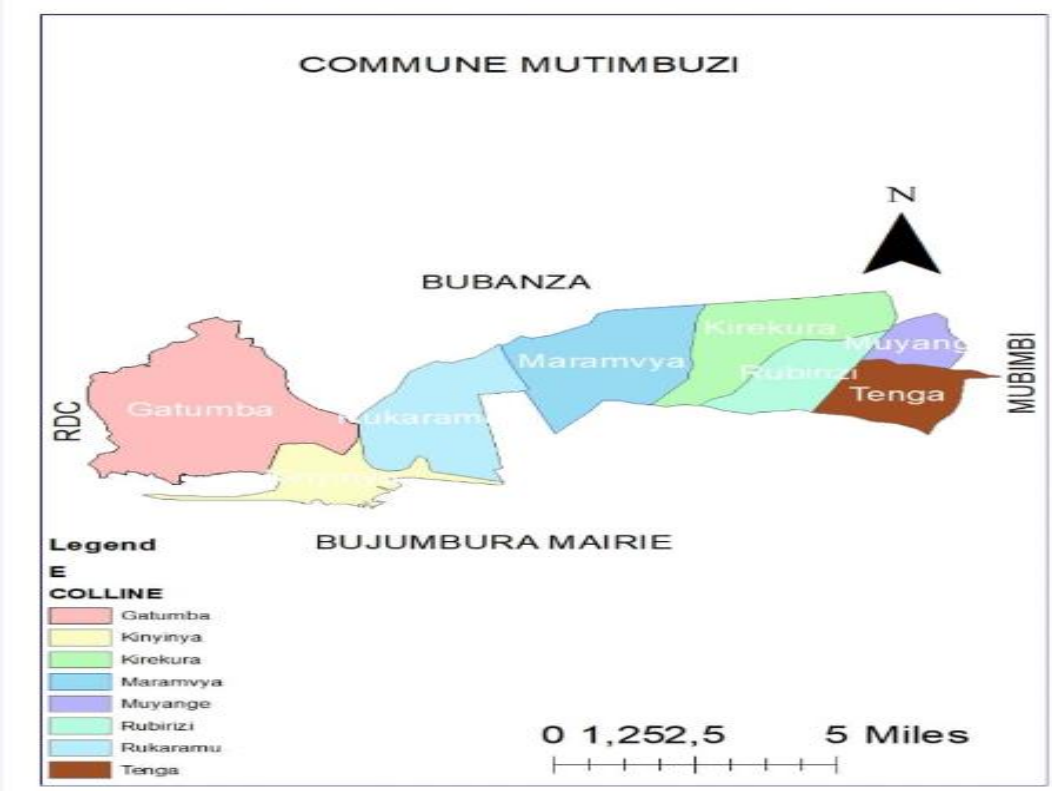
Comme nous souhaitions étudier principalement la décision d'adaptation des ménages touchées par les inondations de 2020 d'une part et l'effet psychologique après les inondations d'autre part, l'exposition à ces risques est le premier critère que nous avons utilisé pour sélectionner la commune Mutimbuzi plus spécifiquement les sites enquêtés.

III.2. Description de la zone d'étude

Cette étude vise les ménages victimes des inondations de 2020 vivant dans les sites des déplacés dans la commune de Mutimbuzi. La zone d'étude, commune Mutimbuzi, est située dans la plaine de l'Imbo. C'est l'une des communes de Bujumbura, dit Bujumbura rural. Elle possède quatre zones, à savoir Rubirizi, Maramvya, Rukaramu et Gatumba, frontalière avec la RDC. Située à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Bujumbura, cette commune compte plus de 70 000 habitants avec une densité moyenne de 350 habitants/km² (PCDC, 2020). Les coordonnées géographiques sont 3°19'2" S et 29°22'0" E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou -3.31722 et 29.3667 (en degrés décimaux). Située à la croisée des chemins entre la capitale, l'intérieur du pays, et la RDC, Mutimbuzi mène une vie atypique, culturellement éparpillée. L'économie de Mutimbuzi est essentiellement basée sur l'agriculture, l'élevage, la pêche, sans oublier le commerce.

Mutimbuzi possède aussi le parc de la Rusizi, réputé pour ses espèces rares. Comme dans le reste du pays, les jeunes de cette commune sont confrontés au chômage, tandis que les femmes se cherchent une place adéquate dans les foyers.

Carte de la zone d'étude



Source : Auteure, 2023

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

III.3.1. Source de données

Pour répondre à notre problématique, nous devons identifier des facteurs psychologiques, socioéconomiques et institutionnels qui poussent les individus à faire des choix d'adaptation ou des comportements appropriés. En conséquence, nous devons nécessairement interroger directement les individus par le biais d'une enquête à l'aide des entretiens qualitatifs et du questionnaire quantitatif.

III.3.2. Instruments de recueil des données

La collette des informations relatives à l'objet d'étude s'est faite à partir de la recherche documentaire, de l'entretien et de l'enquête par questionnaire comme outil de collecte et l'application kobocollect.

III.3.2.1. Recherche documentaire

La recherche documentaire a consisté à consulter des ouvrages sur internet, des articles, des rapports de recherche des organismes internationaux (UNICEF, FAO, etc.) publiés ainsi que des thèses et mémoires en rapport avec notre thématique ont été consultés.

III.3.2.2. Collecte des données primaires

III.3.2.2.1. Collecte de données qualitatives

La première phase de l'enquête consiste à la collecte des données qualitatives par focus group. Au total 4focus group ont été réalisé au niveau de l'ensemble de 2 sites des déplacés.

Deux focus groupes de discussion (FGD) dans chaque site des déplacés, comprenant chacune 5-8participants, ont été menés pour collecter des données sur la décision d'adaptation des ménages aux chocs induits par les inondations. Les participants aux discussions de groupe (GD) étaient issus de différents membres de la communauté.

Le but de cette collecte est de savoir à quel point les ménages ont été affectés par les inondations et de comprendre comment ce choc a déterminé leur décision en matière d'adaptation.

III.3.3. Technique d'échantillonnage et méthodes de collecte des données quantitatives

Nous utilisons une technique d'échantillonnage aléatoire stratifié à plusieurs degrés. Au premier degré, la commune de Mutimbuzi a été sélectionnée à dessein en raison des graves inondations qu'elle a subies de 2020. Au deuxième degré, 2sites (Sobel et Kinyinya II) ont été choisis et enfin au troisième degré ; 346 échantillons au total ont été prélevés de manière aléatoire et proportionnelle à l'intérieur de ces 2sites et par conséquent, les ménages des participants ont été sélectionnés en utilisant une technique d'échantillonnage aléatoire systématique dans chaque site. Les chefs de famille ont été interrogés en priorité, en raison de leur rôle crucial dans la prise de décisions, mais ils ont parfois été remplacés par un second membre influent pour compenser leur absence. Le questionnaire semi-structuré comprenait quatre sections principales : (1) les caractéristiques du ménage (âge, niveau d'éducation, nombre de travailleurs, principales activités de subsistance, accès au crédit source de revenu, adhésion aux associations, infrastructures et

actifs physiques) (2) la situation avant les inondations ; (3) les dommages liées aux inondations et (4) stratégies d'adaptation.

Les 2 sites comptent un total de 2524 ménages. La taille totale de l'échantillon a été déterminée selon la formule de Yamane (1967), qui s'exprime comme suit :

$$\mathrm{n} = \frac{N}{1+N(e^2)}$$

Où n : est la taille de l'échantillon, N: la taille totale des ménages et e: le niveau de précision, qui est de 5 %.

Tableau 3 : Proportion des échantillons enquêtés pour chaque site

Site	**Population**	**proportion**	**Echantillon**
Sobel Maramvya	988	40%	138
KinyinyaII	1536	60%	208
Total	**2524**	**100%**	**346**

Source : Auteure 2023

III.4. Méthodes d'analyse des données

Cette recherche a appliqué une approche transversale afin d'obtenir des informations pertinentes concernant l'expérience actuelle des ménages ruraux en matière d'adaptation aux inondations et son effet sur le revenu des ménages. Les méthodes statistiques usuelles telles que les statistiques descriptives ont été utilisées pour analyser les données relatives aux caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages. Des modèles économétriques ont été utilisés pour estimer les déterminants de la décision d'adaptation aux inondations d'une part et d'autre part la méthode PSM pour évaluer l'effet de la décision d'adaptation des ménages aux inondations sur leur revenu. Après la saisie et le traitement des données dans le tableur Excel, le logiciel STATA 15 a été utilisé pour l'apurement, l'analyse statistique et économétrique.

III.4.1. Cadre analytique et modèle empirique

Parmi les théories développées dans la littérature, les théories retenues qui sous-tendent cette recherche est la théorie de la maximisation de l'utilité et la théorie de la motivation à la protection.

La théorie de l'utilité postule qu'un un individu est un agent économique rationnel qui prend des décisions basées sur les bénéfices attendus ou la satisfaction (Kato *et al.,* 2011 ; Abid *et al.,* 2016). Selon cette théorie, un ménage prend une décision rationnelle en choisissant la stratégie d'adaptation qui lui procurera l'utilité la plus élevée. Cependant, la décision d'un ménage de s'adapter à une inondation est une auto-sélection volontaire. Cela implique qu'un ménage qui s'adapte au choc de l'inondation en adoptant une stratégie particulière peut être systématiquement différent des ménages qui réagissent en utilisant une stratégie différente ou en ne faisant rien. De plus la théorie de la motivation protectrice utilisant les éléments psychologiques, repose sur le fait que l'expérience antérieure vécue détermine le niveau de motivation actuel à s'adapter.

Dans la première étape, un logit binaire a été utilisé pour modéliser les déterminants la décision d'adaptation des ménages et puis la méthode d'appariement des scores de propension « PSM » a été utilisé pour estimer l'effet de la décision d'adaptation des ménages sur leur revenu.

III.4.2. Identification des variables

Cette étude fait usage de deux variables dépendantes (stratégie et revenu) et des variables socioéconomiques, psychologiques et institutionnelles susceptibles d'influencer les choix d'adaptation des ménages.

Lors de la première étape, un ménage choisit une stratégie d'adaptation parmi deux options mutuellement exclusives, à savoir (1) stratégies agricole (ou sur l'exploitation) et (2) stratégies non agricoles ; nous leur avons demandé de choisir la stratégie sur laquelle ils comptaient le plus pour les aider à s'adapter aux inondations. Après cette question, les ménages ont été invités à préciser les stratégies d'adaptation spécifiques utilisées dans le cadre de la stratégie choisie. Les stratégies spécifiques à l'exploitation comprenaient la diversification des cultures (cultures maraichères et association des cultures). Cependant, le petit commerce, travail salarié et la vente d'actifs tels que le petit bétail sont les stratégies d'adaptation aux inondations spécifiques non agricoles utilisées par les ménages.

III.4.2.1.Variables dépendantes

Stratégie d'adaptation : c'est une variable qualitative qui prend la valeur 1 si le ménage pratique la stratégie agricole et 0 pour la stratégie non agricole.

Revenu : dans cette recherche, nous utilisons le revenu comme variable résultat pour mesurer le bien-être des ménages, ceci pour deux raisons ; premièrement, la littérature renseigne que les stratégies d'adaptation ex ante visent à lisser le revenu ; ce revenu par conséquent peut être utilisé pour le lissage de la consommation (Kochar, 1999). La seconde porte sur le fait que le revenu des ménages calculés dans cette étude tient compte de l'autoconsommation. La partie de la production consommée par le ménage est intégrée dans le revenu total.

III.4.2.2.Variables explicatives

Les variables explicatives incluses dans le modèle sont les variables socioéconomiques et institutionnelles (Age, sexe, état civil, niveau d'étude, taille ménage, membre actif, accès à l'information, accès au marché, diplôme le plus élevé de la famille), les variables psychologiques (expérience antérieure des inondations) ; la variable qui capte cette expérience antérieure des inondations est obtenue en sommant les dommages liés aux inondations (valeur de la maison inondée, taille de l'exploitation inondée en valeur , nombre de bétail perdu en valeur, la valeur des biens domestiques durables).

Le tableau 4 ci-dessous montre une brève description des différentes variables incluses dans le modèle ainsi que leur signe attendu.

Tableau 4 : Description des variables

variables	**Définition**	**Description**	**Signe attendu**
Stratégie (Y_1)	Stratégie d'adaptation	Variable qualitative (1=stratégie agricole, 0=non)	**N/A**
Revenu (Y_2)	Revenu annuel	En Fbu	**N/A**
Variables socioéconomiques			
Age	Age du chef de ménage	Nombre d'années	**+/-**
Sexe	Sexe du chef de ménage	Variable qualitative (1=homme, 0=femme)	**+**
Etacivil	Statut matrimonial	Variable qualitative (1=marié, 2=divorce, 3=veuf (ve)	**+**
NE	Niveau d'étude du chef de ménage	Variable qualitative (0=aucun, 1=primaire, 2=secondaire, 3=universitaire	**+ /-**
taillemen	Taille du membre	Nombre de personnes	**+**
membactif	Membre actif du ménage	Nombre de personnes	**+**
accesinfo	Accès a l'information	Variable qualitative (1=Oui, 0=Non)	**+**
Nbre SR	Nombre de source de revenu	Variable quantitative	**+**
tailleexploi	Taille de l'exploitation	En ha/are	**+**
Variable psychologique			
expflood	Expérience antérieure des inondations	Variable quantitative en Fbu	**+**
Variable institutionnelle			
crédit	Accès au crédit	Variable qualitative (1=Oui, 0=Non)	**+**
membCBO	membre d'une organisation	Variable qualitative (1=Oui, 0=Non)	**+**
distmkt	distance entre l'habitat et marché	Temps de parcours en min	**+**

Source : Auteure 2023

III.4.3. Stratégie empirique

Le modèle empirique utilisé dans cette étude est le modèle de régression logistique.

Soit l'équation du modèle suivant :

$$\boldsymbol{Strategie\ d'adaptation}_i = \propto_0 + \propto_1 \text{Age} + \propto_2 \text{Sexe} + \propto_3 \text{Etacivil} + \propto_4 \text{NE} +$$
$$\propto_5 \text{accescredit} + \propto_6 \text{Taillmen} + \propto_7 \text{membactif} + \propto_8 \text{accesinfo} + \propto_9 \text{Expflood} +$$
$$+ \propto_{10} \text{nbre SR} + \propto_{11} \text{Taillexpl} + \propto_{12} \text{membCBO} + \propto_{13} \text{distmkt} + \propto_{14} \text{diplel} + \varepsilon_i$$

$\propto_1, .. \propto_{14}$ sont les paramètres à estimer des variables explicatives de ce modèle.

Les stratégies d'adaptation peuvent être mesurées de différentes manières. Ici, nous avons opté de les mesurer via les variables muettes comme Asfaw *et al.*, (2015), Bryan *et al.*, (2013), Di Falco et *al.*, (2011).

L'adoption d'une stratégie d'adaptation par un ménage agricole pour faire au face aux inondations se traduit par l'équation suivante :

$$A_i = \begin{cases} 1 si\ un\ menage\ adopte\ la\ strategie\ agricole \\ 0\ si\ non \end{cases} \quad (1)$$

$A_i\ est\ la\ strategie\ d'adaptation\ pour\ un\ menage\ i$

Dans cette étude, la relation entre les variables socio-économiques, psychologiques et institutionnelles qui affectent la probabilité que les ménages décident de prendre des stratégies d'adaptation aux inondations ont été saisies par le modèle logit binaire.

Le modèle logit peut être spécifié comme suit :

$$\text{P (y=1}/x_i) = \propto_0 + x\beta$$

Le logarithme des probabilités auxquelles les ménages seraient plus susceptibles d'adopter une stratégie agricole est exprimé comme le ratio de la probabilité d'adopter ou d'adopter d'autre que la stratégie agricole, comme suit :

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \frac{e^{\propto_0 + x\beta}}{1 + e^{\propto_0 + x\beta}} \quad (2)$$

D'autre part, la probabilité qu'un ménage choisisse d'utiliser une certaine stratégie d'adaptation peut être exprimée de la même manière que ci-dessus, à la différence que la variable dépendante est désormais le choix du ménage d'adopter une stratégie d'adaptation particulière.

Conformément à la théorie de maximisation de l'utilité aléatoire (Marschak, 1974), selon laquelle un individu *i* est supposé choisir l'option qui maximise son utilité face à un ensemble de choix, et en supposant que la fonction d'utilité fondamentale, qui classifie la préférence du $i^{\text{i ème}}$ ménage, est fonction de -"X"-

$$\begin{cases} U_{i1}(X) = b_1 X_i + \varepsilon_{i1} \ , \ pour\ le\ menage\ \ partiquant\ \ la\ strategie\ \ agricole (1) \\ U_{i0} = b_0 X_i + \varepsilon_{i0} \ , pour\ le\ menage\ \ partiquant\ \ \ la\ strategie\ non\ agricole (2) \end{cases}$$

Comme les utilités sont aléatoires, l'$i^{\text{i ème}}$ ménage choisira l'alternative "adoption d'une stratégie agricole" si et seulement si :

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

Ainsi, pour le ménage 'i', la probabilité de pratiquer ou d'adopter une stratégie agricole est donnée par:

$$P_i = P(U_{i1} > U_{i0})$$

$$P_i = P(b_1 X_i + \varepsilon_{i1} > b_0 X_i + \varepsilon_{i0})$$

$$P_i = P(\varepsilon_{i0} - \varepsilon_{i1} < b_1 X_i - b_0 X_i)$$

$$P_i = P(\varepsilon_{i0} < b X_i)$$

$$P_i = F(X_i)$$

Si P_i est la probabilité d'adopter une stratégie agricole et 1-P_i la probabilité de ne pas adopter qui est exprimée comme suit :

$$1 - P_i = \frac{1}{1+e^{Wi}} \qquad (3)$$

W_i = est une variable dépendante (adoption ou non de la stratégie agricole)

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

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

III.5. Justification du choix du modèle

Une étude (Hosmer *et al.,* 1989) affirme que la distribution logistique a un avantage sur les autres dans l'analyse des données dichotomiques parce qu'il s'agit d'une distribution mathématiquement flexible et facile à utiliser, qui donne lieu à des résultats positifs, mathématiquement souple et facile à utiliser. Même si les deux modèles peuvent produire des résultats similaires, un test de Jarque et Bera a été fait pour faire le choix du modèle à utiliser dans cette étude. De plus, avant de procéder à l'estimation des déterminants par le modèle logit, certains tests ont été utilisés pour justifier le choix du modèle et vérifier la présence d'une multi colinéarité entre les variables qualitatives et de même l'association entre les variables discrètes a été également vérifiée en contrôlant la covariance.

III.5.1.Tests de validité du modèle

Divers tests sont réalisés pour estimer la qualité des paramètres et du modèle logit. Dans notre cas, les tests de validité retenus sont test de normalité des résidus, l'aire sous la courbe de ROC (AUC) et le test d'ajustement de Hosmer-Lemeshow.

III.5.1.1. Test de normalité des résidus

Le test de Jarque et Bera(1984), fondé sur la notion de Skewness (asymétrie) et de Kurtosis (aplatissement), permet de vérifier la normalité d'une distribution statistique.

Le test repose sur les hypothèses suivantes :

H_0 : Les résidus sont distribués normalement;

H_1: Les résidus ne sont pas distribués normalement

La règle de décision :

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

III.5.1.2. Courbe de ROC (AUC)

La courbe ROC (Receiver Operating Characteristics) ou AUC (Area Under the Curve) offre à la fois une vision graphique et une mesure pertinente de la performance d'un modèle. Cette courbe ROC est une représentation du taux de vrais positifs (fraction des positifs qui sont effectivement détectés) en fonction du taux de faux positifs (fraction des négatifs qui sont détectés incorrectement). Elle est représentée en mettant la sensibilité en ordonné et la spécificité en abscisse.

La sensibilité est donnée par la fraction des positifs et l'anti spécificité (1-spécificité) par la fraction des négatifs classés positifs. Swets (1988) et Delacour *et al.* (2005) indiquent que l'aire sous la courbe permet d'évaluer l'intérêt du diagnostic d'un test ; par conséquent d'un modèle. On distingue les tests d'apport nul (AUC = 0,5), peu informatifs (0,5 ≤ AUC < 0,7), moyennement informatifs (0,7 ≤ AUC < 0,9), très informatifs (0,9 ≤ AUC < 1) et parfaits (AUC = 1). Ainsi, le modèle est parfaitement discriminant, lorsque que l'AUC vaut 1.

III.5.1.3. Test d'ajustement du modèle (ou test d'Hosmer-Lemeshow)

Le principe du test de Hosmer-Lemeshow consiste à comparer les valeurs prédites et observées des modalités de la variable d'intérêt, après regroupement des individus en classes. On utilise ensuite la distance de Khi-deux pour calculer la distance entre les fréquences observées et prédites. Lorsque cette distance est relativement petite, on considère que le modèle est bien calibré (WANGOU 2009).

Le test repose sur les hypothèses suivantes :

H_0 : le modèle est bien ajusté (« Goodness of fit » en anglais)

H_1: le modèle n'est pas bien ajusté.

La règle de décision :

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

- On rejette l'hypothèse H_0 dans le cas contraire.

III.5.2.Test de multicolinéarité

Avant d'entamer notre modèle d'étude, nous devons d'abord vérifier la multicolinéarité possible entre les variables indépendantes de notre recherche afin de garantir la précision de l'estimation des coefficients de régression et donc aboutir à des estimations robustes. Pour ce faire, nous avons d'abord élaboré la matrice de corrélation de Pearson qui nous a montré les corrélations faible entre toutes les variables présentes dans notre modèle. Mais afin de s'assurer de l'absence du problème de multicolinéarité, un examen complémentaire à travers le test de VIF et son inverse est montré dans le tableau ci-dessous dans les résultats.

Les conditions d'analyse sont : VIF=1 signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre les variables explicatives du modèle ; 1<VIF<5 : modérément corrélés et VIF> 5 : hautement corrélés. En outre, l'inverse de Vif supérieur à 0.1, conclut l'absence des problèmes de multicolinéarité.

III.5.3. Méthode d'évaluation de l'effet des stratégies d'adaptation sur le revenu des ménages

L'évaluation d'impact (ou effet) utilise des techniques empiriques pour identifier ou modéliser un scénario contrefactuel (sans la politique ou le programme) pour la comparer aux résultats obtenus avec la situation réelle (avec la politique ou le programme). Le principal défi de l'évaluation d'impact est d'identifier et de mesurer des estimations de résultats contrefactuels valides. Pour relever ce défi, le cadre des résultats contrefactuels de Rubin (1974) est considéré comme la référence à partir de laquelle plusieurs méthodes d'évaluations d'impacts se réfèrent.

Les principales méthodes d'évaluation d'impact utilisées dans les littératures peuvent être classées en deux groupes : les méthodes expérimentales randomisées et les méthodes non expérimentales ou quasi expérimentales. Cette étude fait usage des méthodes quasi expérimentales(PSM), méthodes de sélection basées sur les caractéristiques observables qui s'appliquent en général, lorsque les unités d'observation sont des agents actifs (individus, ménages, entreprises, etc.) qui peuvent influencer leur statut de traitement.

III.5.3.1. Méthode d'appariement ou PSM

Dans le cas où le traitement n'est pas distribué de manière aléatoire dans la population, Rubin (1974, 1977, 1978) et Rosenbaum et Rubin (1983) ont proposé la méthode d'appariement ou matching method pour identifier et estimer sans biais l'effet causal du traitement.

Le *matching* repose sur l'hypothèse selon laquelle les seules différences entre les individus traités et les individus non traités proviennent de leurs caractéristiques individuelles et de l'exposition au traitement. Par conséquent, si l'on neutralise les différences selon les caractéristiques individuelles, alors il ne reste plus que l'effet causal moyen du traitement à estimer. Dans la littérature deux méthodes de matching sont utilisées pour estimer l'effet causal du traitement. La première est appelée le « matching aux caractéristiques » qui consiste à associer pour chaque individu *i* dans la sous-population des traités, un individu *j* dans la sous-population des non traités ayant les mêmes caractéristiques que l'individu i. En procédant ainsi, l'on suppose que l'individu *i* traité, ayant les mêmes caractéristiques que l'individu j non traité aurait eu le même score s'il n'avait pas été traité. Cependant, il est important de noter que, le recours à ce type de matching direct dépend du nombre de caractéristiques observées que l'on prend en compte pour effectuer le matching. Plus elles sont nombreuses et plus il devient difficile de trouver, dans la sous-population des non-traités, des individus ayant exactement les mêmes caractéristiques que chacun des individus dans la sous population des traités. Ce qui pose un problème de dimensionnalité des critères de matching. La deuxième méthode de matching a été proposée par Rosenbaum et Rubin (1983) pour surmonter le problème de dimensionnalité rencontrée dans la méthode de matching par les caractéristiques. Il s'agit de la méthode de Propensity Score Matching (PSM) ou propension d'appariement par le score. Le PSM consiste à estimer pour chaque individu (traité et non-traité), une probabilité d'être traité en fonction de ses caractéristiques initiales observables X : le score de propension. Sur cette base, ces deux chercheurs ont montré que si on peut apparier sur les caractéristiques, on peut aussi apparier sur le score de propension.

III.5.3.2. Hypothèses du « Propensity Score Matching »

Pour identifier et estimer de façon consistante l'effet causal moyen du traitement non aléatoire avec la méthode de Matching, Rosenbaum et Rubin (1983) ont posé deux hypothèses fondamentales :

Hypothèse 1 : Hypothèse d'indépendance conditionnelle ou d'ignorabilité ou de sélection sur les observables : on dit que le bénéfice du traitement est ignorable, qu'il y a sélection sur les observables ou exogénéité si les résultats potentiels Y_i sont indépendants de la réception du traitement T_i pour des individus ayant les mêmes caractéristiques observées X_i.

Formellement, l'hypothèse s'écrit de la façon suivante :

$(Y_{1i}, 0_i) \perp T_i \mid X$

De la même façon, relativement aux caractéristiques observables, Rosenbaum et Rubin (1983) ont démontré que si l'hypothèse 1 est valable, plutôt que de conditionner sur les caractéristiques observables de l'individu i, il est possible de conditionner sur le score de propension P (X) défini comme la probabilité que l'individu i soit traité, ceci conditionné par ses caractéristiques. Cela revient à poser l'équation suivante :

$(Y_{1i}, 0_i) \perp T_i \mid \mathrm{P}(X)$

Hypothèse 2 : Hypothèse d'existence de zone de support commun : c'est-à-dire que pour toutes les valeurs des observables, on puisse comparer des traités et des non traités. Avec la méthode PSM, l'hypothèse de support commun s'écrit formellement :

$0 < (T_i = 1 | X) = \mathrm{P}(X) < 1$

À noter aussi, qu'en plus de ces hypothèses, les méthodes de matching respectent aussi l'hypothèse SUTVA selon laquelle, il n'y a pas d'effet de diffusion ou de contagion. Sur la base de ces hypothèses susmentionnées, l'effet causal moyen du traitement dans la population (ATE) est identifié:

$\Delta^{\mathrm{ATE}} = [E(Y_i \mid T_i == 1, X_i) - E(Y_i \mid T_i == 0, X_i)]$

Si les différentes hypothèses sont vérifiées, diverses méthodes de régressions paramétriques et non paramétriques permettent de garantir l'identification et l'estimation des paramètres ATE, ATT et ATU.

L'avantage de la stratégie d'identification basée sur les méthodes de *matching* est qu'il est possible de les réaliser si le traitement est binaire en présence de données suffisantes, mais aussi, l'évaluation peut être réalisée *ex post* même en l'absence de données de situation de référence.

Ainsi, pour l'individu i, l'effet causal du traitement $T_i$se définit de la façon suivante :

Posons T_i variable aleatoire binaire et Y_i le resultat d'interet ;

Le resultat potentiel $= \begin{cases} Y_{1i} \text{ if } T_i = 1 \\ Y_{0I} \text{if } T_i = 0 \end{cases}$

$$Y_i = \begin{cases} Y_{1i} & \text{if } T_i = 1 \\ Y_{0i} & \text{if } T_i = 0 \end{cases}$$

$$Y_i = Y_{0i} + (Y_{1i} - Y_{0i})\, T_i \qquad (1)$$

Dans notre cas, la méthode **ATE** sera utilisée pour estimer l'effet causal d'adopter les stratégies agricoles sur le revenu des ménages. Les paramètres à estimer sont ATE, ATT et ATU.

En effet,

L'effet moyen causal dans la population, *Average Treatment Effect (ATE)* :

$$\boldsymbol{ATE} = E\,(Y_{1i} - Y_{0i}) = (Y_{1i}) - (Y_{0i}) \qquad (2)$$

$E(.)$: désigne l'opérateur de l'espérance mathématique.

L'effet moyen du traitement sur les traités, *Average Treatment Effect on Treated* (ATT) :

$$\boldsymbol{ATT} = (Y_{1i} - Y_{0i} | T_i = 1) = \mathrm{E}\,(Y_{1i} | T_i = 1) - E\,(Y_{0i} | T_i = 1) \qquad (3)$$

$(Y|T)$: signifie que le résultat Y est conditionnel à T

L'effet moyen du traitement sur les non-traités, *Average Treatment Effect on Untreated* (ATU) :

$$\boldsymbol{ATU} = (Y_{1i} - Y_{0i} | T_i = 0) = \mathrm{E}\,(Y_{1i} | T_i = 0) - \mathrm{E}\,(Y_{0i} | T_i = 0) \qquad (4)$$

Les paramètres $E\,(Y_{1i}|T_i=1) - \mathrm{E}\,(Y_{0i}|T_i=1)$ ne sont égaux que si les variables de résultat sont indépendantes de la variable d'exposition au traitement $(Y_0, 1)\,|T$.

L'adoption des stratégies agricoles est représentée par une variable aléatoire T. Pour chaque ménage i, on a :

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

L'efficacité des stratégies agricoles d'adaptation est mesurée par la variable résultat Y_i qui est une variable latente :

$$\begin{cases} Y_{Ti}\ represente\ le\ resultat\ si\ le\ menage\ adopte\ \ une\ strategie\ \ agricole\ T = 1 \\ Y_{NTi}\ represente\ le\ resulatat\ si\ le\ menage\ n'adopte\ pas\ une\ strategie\ \ agricole\ T = 0 \end{cases}$$

III.5.3.3. Support commun et la qualité de l'appariement

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

La méthode des scores de propension produit naturellement un estimateur biaisé du fait justement que les données ne proviennent pas d'une expérience randomisée. Pour limiter ce biais, il est nécessaire de faire un appariement de qualité ; autrement dit de comparer des observations comparables. Quatre critères permettent généralement de juger la qualité de l'appariement :

- *Le biais standardisé moyen*

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

- *Le test de significativité*

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

- *Significativité jointe et pseudo-R2*

Cette étape consiste à estimer une seconde fois les scores de propension sur l'échantillon des observations appariées et de comparer ensuite les pseudo-R 2 avant et après appariement. Le dernier doit être faible car le traitement est supposé aléatoire conditionnellement à X (Sianesi, 2004).

Un autre moyen de juger de la qualité de l'appariement consiste à faire un test de ratio de vraisemblance sur la significativité jointe de toutes les variables dépendantes, avant et après appariement. Ce test ne doit pas être rejeté avant appariement mais il doit l'être après.

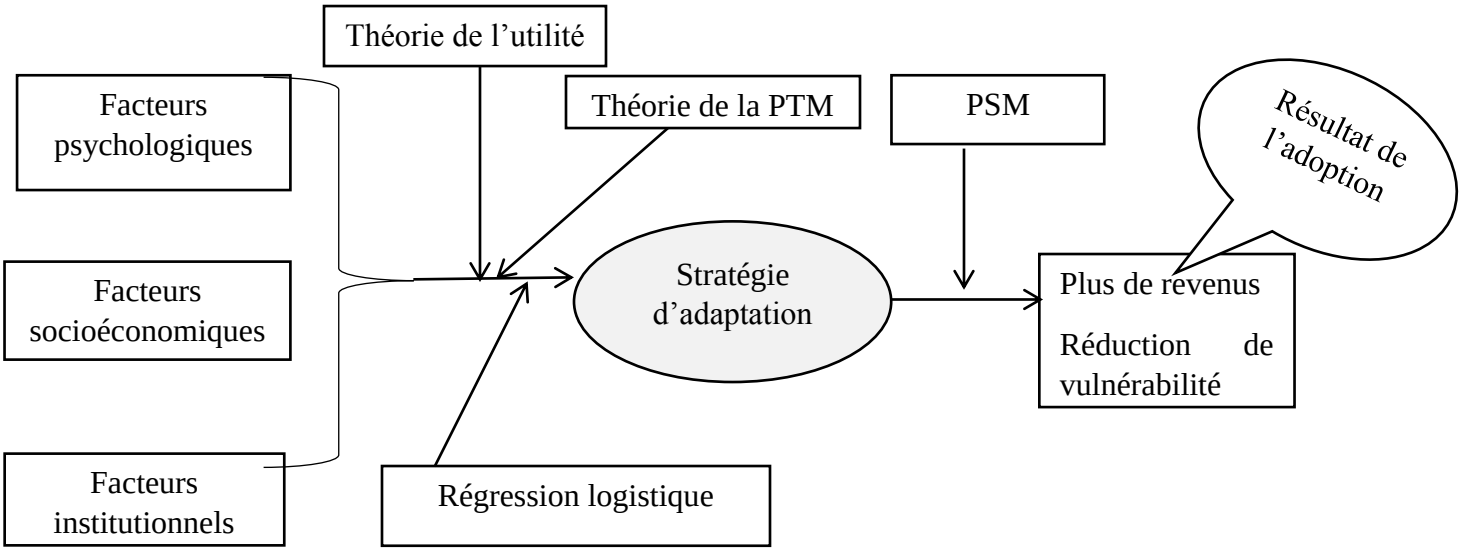
III.5.3.4. Choix de l'estimateur d'appariement

L'objectif de l'appariement est de construire un groupe témoin comparable au groupe traité afin de permettre une estimation non biaisée de l'effet du traitement sur les individus traités, en contrôlant le biais de sélection (caliendo & Kopeinig, 2008).

Les principaux estimateurs d'appariement sont *le plus proche voisin, la stratification, le caliper, Kernel.*

Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode du *plus proche voisin*. Il s'agit de la méthode d'appariement la plus utilisée et relativement plus simple. Un participant du groupe traité est apparié avec un participant du groupe témoin sur la base du plus proche score de propension (Caliendo et Kopeinig, 2008). L'appariement peut être réalisé avec ou sans remise. Dans la méthode sans remise, les individus non traités ne sont utilisés qu'une seule fois, un individu traité étant apparié avec un seul individu non traité. Dans la méthode avec remise, les individus peuvent être utilisés plus d'une fois.

Cadre conceptuel de l'étude



Source : Auteure 2023

Ce cadre montre une brève description de notre étude. La théorie de la maximisation de l'utilité et la théorie de la motivation à la protection (PTM) sous-tendent notre étude. Le modèle logistique a été utilisé comme outil pour déterminer les facteurs influençant le choix des stratégies d'adaptation. Ainsi, la méthode d'appariement (PSM) permet d'examiner l'effet causal d'adoption (résultat d'adoption) ; une fois un ménage adopte une stratégie d'adaptation, on s'attend à une augmentation des revenus par conséquent la réduction de la vulnérabilité.

Conclusion du troisième chapitre

Cette partie de l'étude a permis d'abord de bien circonscrire la zone d'étude, les instruments de recueil des données et les outils d'analyse des données. Comme nous souhaitions étudier principalement la décision d'adaptation des ménages touchées par les inondations de 2020, l'exposition à ces risques est le premier critère que nous avons utilisé pour sélectionner la commune Mutimbuzi plus spécifiquement les sites enquêtés (KinyinyaII et Sobel Maramvya).

En effet, le modèle logit binaire a été utilisé pour déterminer les facteurs influençant le choix des stratégies d'adaptation des ménages et la méthode d'appariement des scores de propension (PSM) a été utilisée pour estimer l'effet causal de l'adoption des stratégies d'adaptation sur le revenu des ménages. Les paramètres estimés de cette méthode sont ATE, ATT et ATU.

CHAP. IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Ce chapitre qui présente les résultats de l'étude est subdivisé en deux grandes parties. La première présente les résultats obtenus des analyses descriptives, des régressions logistiques et les résultats de la méthode d'appariement des scores de propension. La deuxième partie porte sur la discussion des résultats.

IV.1. Descriptive des variables du modèle

Les résultats de l'enquête permettent de caractériser les ménages enquêtés, sachant que la structure de l'échantillon a été choisie de façon à refléter la diversité des stratégies adoptées par les ménages victimes des inondations de 2020 en commune de Mutimbuzi. Les données collectées portent sur les caractéristiques des ménages (âge, niveau d'éducation, statut matrimonial, etc.) et l'étendue des dommages suite aux inondations de 2020 (expérience antérieure des inondations.), sur les pratiques d'adaptation (petit commerce, diversification des cultures, etc.). Le but de ce point est de présenter les statistiques descriptives relatives à ces variables.

Tableau 5 : Statistique descriptive des variables quantitatives

stratégies agricoles					
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Age	128	45.30469	12.67247	21	78
taillemen	128	6.398438	2.040302	1	12
membactif	128	1.851563	0.7945666	1	4
expflood	128	8786445	5567986	1500000	2.78E+07
nbresr	128	2.695313	0.7483167	2	5
tailleexploi	128	1.472656	0.5516924	1	5
stratégies non agricoles					
Age	218	44.60092	12.86446	22	79
taillemen	218	5.43578	2.146266	1	12
membactif	218	1.59633	0.6089844	0	4
expflood	218	6152339	5154179	1000000	2.50E+07
nbresr	218	2.692661	0.7197294	2	4
tailleexploi	218	1.116972	0.6898447	0	3
Observation totale					
Age	346	44.86127	12.77989	21	79
taillemen	346	5.791908	2.155557	1	12
membactif	346	1.690751	0.6934693	0	4
expflood	346	7126806	5453788	1000000	2.78E+07
nbresr	346	2.690751	0.7340782	1	5
tailleexploi	346	1.248555	0.6640331	0	5

Source : Auteure 2023

Âge du chef de ménage

Notre échantillon présente un âge qui varie entre 21 ans et 78 ans avec un âge moyen de 45 ans pour les ménages qui ont pratiqué les stratégies agricoles comme la principale stratégie d'adaptation. Pour les ménages adoptant les stratégies non agricoles, l'âge varie entre 22ans et 79 ans avec un âge moyen de 44 ans.

Taille du ménage

Les statistiques du tableau indiquent que la taille du ménage moyenne est de 7 personnes pour les ménages qui adoptent des stratégies agricoles contre 6 personnes pour les ménages qui adoptent des stratégies non agricoles. La moyenne de la taille du ménage pour tous les répondants est de 6 personnes.

Membres actifs du ménage

Les résultats de ce tableau montrent que la moyenne des membres actifs du ménage est d'environ 2 personnes par ménage adoptant les stratégies agricoles, de même pour les ménages qui adoptent les stratégies non agricoles et aussi pour tous les répondants.

Expérience antérieure des inondations

La moyenne des dommages suite aux inondations est de 8786445Fbu pour les ménages adoptant les stratégies agricoles et 6152339Fbu pour ceux qui ont pratiqué les stratégies non agricoles. Cela nous montre que dans la zone d'étude, les ménages qui ont subi des pertes énormes suite aux inondations ont tendance à adopter les stratégies agricoles.

Tableau 6 : Statistique descriptive des variables qualitatives

	Stratégies non agricoles		**Stratégies agricoles**		**Obs totale**	
Variables	**Freq.**	**Percent**	**Freq.**	**Percent**	**Freq.**	**Percent**
Sexe						
Femme	93	42.66	40	31.25	133	38.44
Homme	125	57.34	88	68.75	213	61.56
Etat civil						
marie	127	58.26	91	71.09	218	63.01
divorce	42	19.27	20	15.63	62	17.92
Veuf (ve)	49	22.48	17	13.28	66	19.08
NE						
aucun	69	31.65	29	22.66	98	28.32
primaire	133	61.01	81	63.28	214	61.85
secondaire	16	7.34	18	14.06	34	9.83
Accescredit						
Non	71	32.57	22	17.19	93	26.88
Oui	147	67.43	106	82.81	253	73.12
Accesinfo						
Non	83	38.07	24	18.75	107	30.92
Oui	135	61.93	104	81.25	239	69.08
membCBO						
Non	98	44.95	32	25	130	37.57
Oui	120	55.05	96	75	216	62.43
distmkt						
moins de 30min	187	85.78	90	70.31	277	80.06
30min	21	9.63	36	28.13	57	16.47
plus de 30min	10	4.59	2	1.56	12	3.47
diploel						
primaire	143	65.6	92	71.88	235	67.92
secondaire	68	31.19	35	27.34	103	29.77
universitaire	7	3.21	1	0.78	8	2.31

Source : Auteure 2023

Sexe du chef de ménage

Il ressort de l'analyse, que l'échantillon contient (68,75%) des hommes pour les stratégies agricoles contre 31,25% de sexe féminin. Pour les stratégies non agricoles, les hommes représentent 57,34% contre 42,66% des femmes. Les hommes représentent 61,56% pour tous les répondants contre 38,44% des femmes. Cette situation se justifie du fait qu'en milieu rural, les exploitations familiales agricoles sont en grande partie dirigées par les hommes.

Niveau d'éducation

Concernant le niveau d'éducation, notre échantillon se compose des chefs des ménages ayant globalement (61.91%) un niveau primaire tandis qu'ils sont 7.34% à avoir bénéficié un niveau secondaire et 31.65% n'ont aucun niveau pour les ménages qui ont adopté les stratégies non agricoles. Pour les stratégies agricoles, le niveau d'éducation 63.28% ayant un niveau primaire ,14.06% niveau secondaire et 22.66% n'ont aucun niveau. De plus, ceux pratiquant les stratégies non agricoles, le diplôme le plus élevé dans la famille est primaire (65.6%), 31.19%secondaire et 3.21% universitaire contre 71.88%primaire, 27.34% secondaire et 0.78% universitaire pour les ménages adoptant les stratégies agricoles.

Accès au crédit

La majorité des ménages enquêtés qui ont développé les stratégies non agricoles ont accès au crédit 67.43% contre 32.57% alors que pour ceux qui ont choisi les stratégies agricoles comme décision d'adaptation 82.81% ont accès au crédit contre 17.19%.

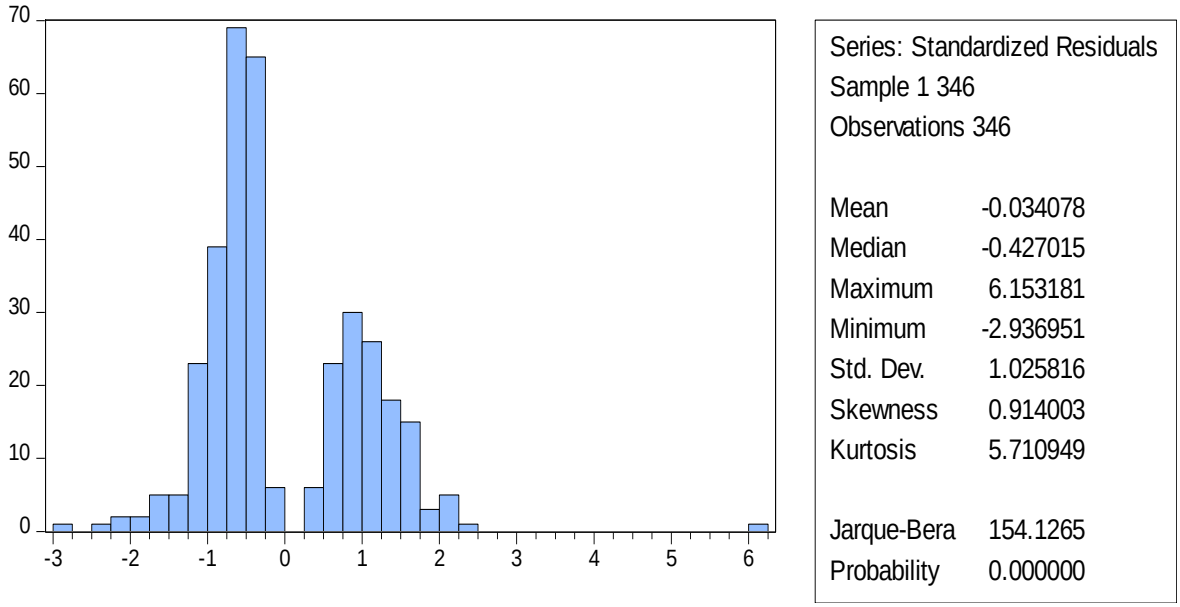
Accès à l'information

Pour les ménages pratiquant les stratégies non agricoles 61.93% ont accès à l'information contre 38.07% qui n'en ont pas et 81.25% contre 18.75% pour les stratégies agricoles. De même 85.78% sont plus proches de la route pour ceux qui ont adopté les stratégies non agricoles contre 70.31% pratiquant les stratégies agricoles.

Test de normalité de Jarque et Bera (JB)

Le test de normalité de Jarque et Bera nous donne le diagramme qui montre que les résidus sont normalement ou non distribués en tenant compte de la probabilité et de la valeur de Skewness et du kurtosis.

Figure 7 : Histogramme de normalité de résidus pour le choix du modèle logit



Source : Auteure 2023

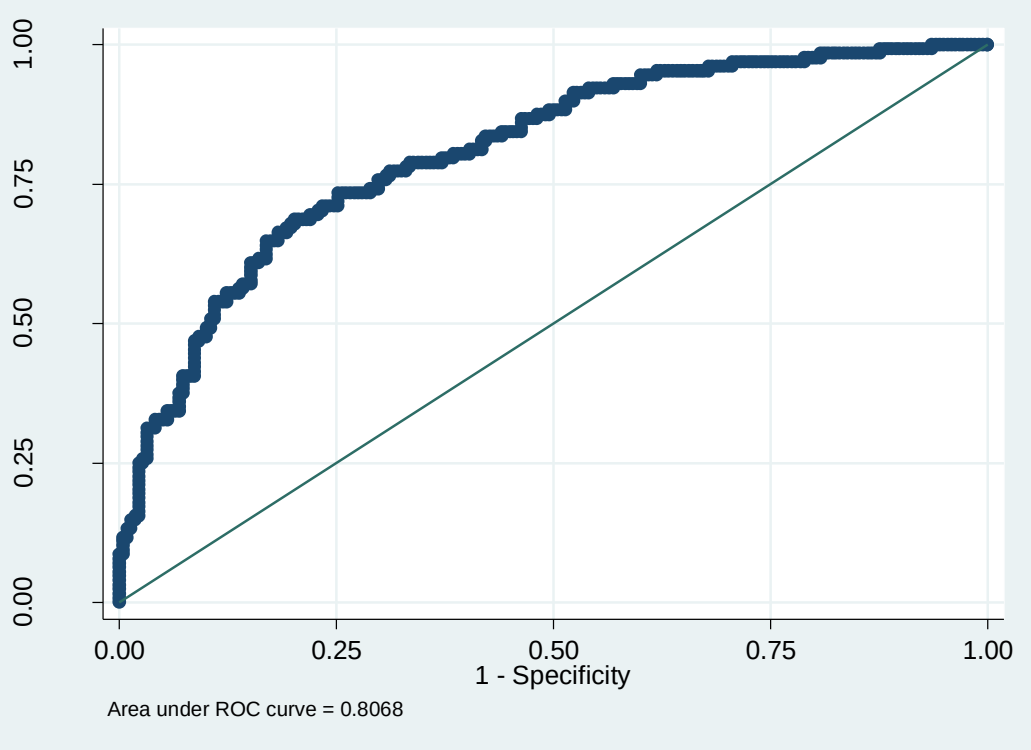
Le graphique obtenu du test de normalité des résidus de Jarque et Bera affiche une statistique avec une probabilité égale à 0.000000 qui est inférieure à 5%.Cela prouve que les résidus ne sont pas normalement distribués (rejet de l'hypothèse H_0) d'où le choix du modèle logistique pour estimer les déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation.

Quant à l'analyse de la statistique de Skewness, elle est positive (0.914003), ce qui signifie que la distribution est décalée vers à droite. La statistique de kurtosis, 5.710949 est supérieure à 3 et par conséquent la distribution est plus pointue par rapport à la normale.

Courbe ROC (AUC)

L'AUC (figure 10) indique que la probabilité que le modèle prédise la décision d'adaptation des ménages est de 0,8068 soit 81%. Le modèle est donc moyennement informatif pour la décision en stratégie agricole et non agricole selon (Swets, 1988 ; Delacour *et al*., 2005 ; CHIAPO, 2016).

Figure 8: Courbe ROC (AUC)



Source : Auteure 2023

Test d'Hosmer et Lemeshow

Les résultats du test d'Hosmer et Lemeshow montre que l'ajustement global du modèle aux données est satisfaisant, car la valeur de la probabilité critique (ProbF > chi2) est de 0,2732, elle est donc supérieure au seuil de signification de 5% (OBIANG-NDONG, 2006 ; WANGOU, 2009) d'où on accepte l'hypothèse nulle. Le modèle est alors bien ajusté selon OBIANG-NDONG, 2006.

Test de multicolinéarité

Avant d'entamer notre modèle d'étude, nous devons d'abord vérifier la multicolinéarité possible entre les variables indépendantes de notre recherche afin de garantir la précision de l'estimation des coefficients de régression et donc aboutir à des estimations robustes. Pour ce faire, nous avons d'abord élaboré la matrice de corrélation de Pearson qui nous a montré les corrélations faible entre toutes les variables présentes dans notre modèle.

Mais afin de s'assurer de l'absence du problème de multicolinéarité, un examen complémentaire à travers le test de VIF et son inverse est montré dans le tableau ci-dessous.

Les conditions d'analyse sont : VIF=1 signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre les variables explicatives du modèle ; 1<VIF<5 : modérément corrélés et VIF> 5 : hautement corrélés. En outre, l'inverse de Vif supérieur à 0.1, conclut l'absence des problèmes de multicolinéarité.

Tableau 7: Résultats du test de VIF

Variable	**VIF**	**1/VIF**
Etatcivil	3.57	0.280102
Sexe	3.32	0.301638
Membactif	1.48	0.674722
Age	1.42	0.702068
NE	1.4	0.715096
Taillemen	1.39	0.718691
Membcbo	1.19	0.837733
Accesinfo	1.18	0.844952
Distmkt	1.12	0.893488
Accescredit	1.11	0.898679
Lexpflood	1.11	0.902111
Tailleexploi	1.07	0.933802
Diploel	1.06	0.947779
Nbresr	1.03	0.971722
Mean VIF	1.53	

Source : Auteure 2023

Un facteur d'inflation de la variance a été appliqué pour tester l'existence ou non de problèmes de multicolinéarité (VIF).

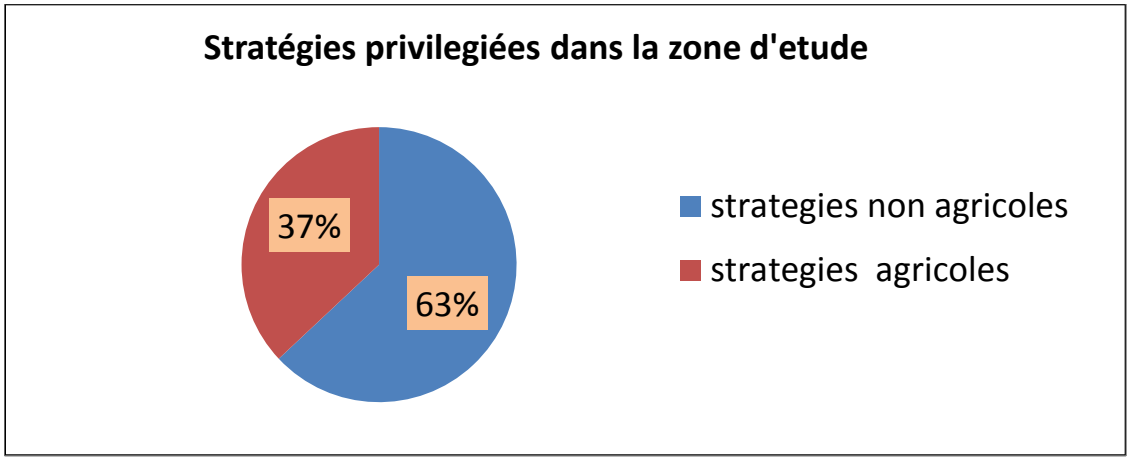
Aucune variable explicative n'a été exclue du modèle d'estimation car aucun problème sérieux de multicollinéarité n'a été détecté à partir des résultats du VIF (1,53), qui est très largement inférieur à 10.

IV.2. Présentation des résultats

IV.2.1. Stratégies les plus privilégiées dans la zone d'étude

Dans zone d'étude, selon les résultats de l'analyse descriptive comme le montre le graphique suivant, les ménages enquêtés ont tous effectué la migration (100%), Parmi eux, 37% des ménages ont adopté des stratégies agricoles (cultures maraichères et associations des cultures) ; et 63% des ménages ont pratiqué les stratégies non agricoles (petit commerce, travail salarié et vente d'actifs tel que le petit bétail). Pour atteindre notre objectif d'évaluer l'effet des stratégies d'adaptation aux inondations sur le bien être des ménages, nous avons regroupé ces stratégies en deux groupes à savoir ; les stratégies agricoles et les stratégies non agricoles comme le montre le graphique suivant :

Figure 9 : Stratégies privilégiées dans la zone d'étude



Source : Auteure 2023

IV.2.2. Résultats de l'analyse de la régression logistique

Les résultats du modèle ont permis de mettre en évidence les facteurs qui déterminent la décision d'adaptation des ménages. Le tableau ci-dessous montre les résultats de l'estimation du modèle logit avec des rapports de chance (OR) et des effets marginaux :

Tableau 8 : Résultats de l'estimation du modèle logit des déterminants des stratégies d'adaptation

		Robust			
Stratégie	**Coef.**	**Std. Err.**	**P>z**	**OR**	**dy/dx**
Age	0.008406	0.013326	0.528	1.008441	0.0014218
1.Sexe	-0.0204298	0.6166693	0.974	0.9797775	-0.0034551
Etatcivil					
2	0.3240566	0.6402158	0.613	1.382726	0.0562085
3	-0.2543656	0.7571749	0.737	0.7754082	-0.0421509
NE					
1	0.4251518	0.3446041	0.217	1.529823	0.0704004
2	**1.14997****	0.5484154	0.036	3.158099	0.2000769
1.Accecredit	0.4940938	0.3821204	0.196	1.639012	0.082822
Taillemen	0.0717818	0.0731502	0.326	1.074421	0.0121412
membactif	**0.423413***	0.2188575	0.053	1.527165	0.0716161
1.accesinfo	0.504757	0.3267222	0.122	1.656583	0.0855775
Lexpflood	**0.7630612*****	0.1717626	0.000	2.144832	0.1290642
nbresr	-0.1006876	0.1927956	0.601	0.9042155	-0.0170303
Tailleexploi	**0.7973768*****	0.2345858	0.001	2.219711	0.1348684
1.membcbo	0.5201192	0.3228027	0.107	1.682228	0.0885551
distmkt					
1	**1.307444*****	0.3483963	0.000	3.696711	0.2421211
2	-1.374035	0.9941246	0.167	0.2530836	-0.1908125
diploel					
1	-0.3511871	0.2822558	0.213	0.7038521	-0.0592028
2	-1.302674	1.144975	0.255	0.2718041	-0.1959351
_cons	**-16.22315*****	2.946231	0.000	9.00E-08	
Number of obs	= 346				
wald chi2(18)	= 74.23				
Prob>chi2	= 0.0000				
Pseudo R2	= 0.2272				
Log pseudolikelihood	= -176.18787				

****significatif* à *1%, ** significatif* à *5%, * significatif* à *10%*

Source : Auteure 2023

Interprétation des rapports de chances

Les données confirment d'abord la rationalité de la relation globale entre les variables explicatives et la probabilité d'adaptation des ménages ($\chi 2$ =74.23; p = 0,000).

La statistique Chi2 indique qu'au seuil de 1 %, au moins un des coefficients des variables explicatives du modèle est diffèrent de zéro. Le modèle est donc globalement significatif. Le pseudo R^2 indique dans quelle mesure le modèle explique la probabilité de l'adoption des stratégies d'adaptation (Caliendo et Kopeinig, 2005).Une faible valeur de $R^2(0.2272)$ signifie que les ménages adoptants n'ont pas beaucoup de caractéristiques distinctes dans l'ensemble et qu'il est donc plus facile de trouver une bonne correspondance entre les ménages adoptant les stratégies agricoles et non agricoles (Yibeltal, 2008).

A l'égard des résultats de l'estimation et des tests de robustesse, la spécification finale du modèle, niveau d'éducation, membres actifs, l'expérience antérieure des inondations, la taille de l'exploitation, accès au marché sont les variables déterminantes de la décision des ménages en matière d'adaptation dans la zone d'étude.

Sur les quatorze variables explicatives insérées dans le modèle, 12 ont un effet positif sur la décision de mettre en œuvre des stratégies agricoles comme mesure d'adaptation aux inondations.

En effet, le niveau d'éducation a eu une incidence positive sur l'adaptation des ménages dans la pratique au niveau de signification de 5 % (Coef. = 1,149 p = 0,036). Pour chaque niveau de scolarité supplémentaire atteint par le chef de famille, la probabilité d'adaptation du ménage augmentera de près de 3,15 fois (OR=3.158099).

La décision d'adaptation des agriculteurs a également été positivement influencée par leur propre force de travail (coef. = 0,4234, p = 0,053). Les ménages disposant d'une main-d'œuvre plus importante étaient plus susceptibles de s'adapter aux risques liés aux inondations.

Lorsque tout reste constant, les chances d'adaptation des ménages augmentent de 52,7 % pour chaque main-d'œuvre supplémentaire (OR = 1,527165). L'accès au marché a joué un rôle positif et significatif sur la décision d'adaptation des ménages (Coef.=1.307, p=0.000).

En effet, les ménages qui ont accès au marché ont plus de chance de 3,69fois (OR=3.696711) d'adopter les stratégies agricoles comme mesure d'adaptation aux inondations.

Outre les caractéristiques démographiques et socio-économiques, la décision d'adaptation des ménages a également été identifiée comme étant influencée par des facteurs cognitifs (ou psychologiques). Les ménages qui ont subi des dommages suite aux inondations (expérience antérieure des inondations) (Coef. = 0.7630; p = 0,000 ; OR = 2,144832) étaient plus susceptibles de s'adapter aux inondations.

On peut clairement constater que les variables psychologiques ont une influence statistiquement significative sur la décision d'adaptation aux inondations ; la psychologie joue un rôle important dans la prise de décision.

L'expérience antérieure des inondations était l'un des éléments mentionnés précédemment dans le cadre de la théorie de la motivation à la protection(PMT) en tant que variable psychologique, et l'on s'attendait à ce qu'elle ait une influence positive sur la décision d'adaptation aux inondations. Comme prévu, elle a eu une influence positive et statistiquement significative.

L'expérience antérieure de l'inondation détermine positivement la décision actuelle d'adaptation à l'inondation. Cela s'explique par le fait que l'adaptation aux inondations est un problème dynamique, et non statique, dans lequel l'étendue des dommages causés par l'inondation précédente détermine le niveau de motivation et de préparation pour l'inondation prévue. Le signe positif et significatif de l'expérience antérieure en matière d'inondations implique également que lorsque la fréquence des inondations augmente, les agriculteurs décident de s'adapter et de vivre avec cette incidence. Les inondations répétées poussent les agriculteurs à être vigilants pour la prochaine période de récolte. Plus les ménages sont conscients de l'occurrence de risques d'inondation antérieurs, plus ils prennent rapidement des mesures d'adaptation/ d'atténuation contre les inondations.

La taille de l'exploitation influence positivement et significativement la décision de pratiquer les stratégies agricoles (Coef.=0.7973, p=0.001). En conséquence, pour un mètre carré supplémentaire de la taille de l'exploitation, toutes choses restent égales par ailleurs, les chances d'adopter les stratégies agricoles augmentent de 2.21fois (OR=2.219711). Les autres variables non prise en compte dans le modèle influence significativement mais négativement la décision d'adaptation (Coef.=-16.04, p=0.000). L'âge, le sexe, taille du ménage et accès au crédit ont joué un rôle positif mais insignifiant sur la décision d'adaptation et aussi un diplôme plus élevé dans la famille.

Interprétation des effets marginaux

Les résultats des effets marginaux obtenus indiquent que chaque niveau de scolarité supplémentaire atteint par le chef de famille, la probabilité d'adaptation du ménage augmente de 0.20 toutes choses restent égales par ailleurs.

De même, les ménages disposant d'une main-d'œuvre plus importante, la probabilité d'adopter les stratégies agricoles augmente de 0.071 en considérant toutes choses étant égales par ailleurs. Les effets marginaux montrent que les ménages qui ont accès au marché, la probabilité d'adopter les stratégies agricoles augmente de 0.242 en considérant toutes choses étant égales par ailleurs.

Les ménages qui ont subi des dommages suite aux inondations (expérience antérieure des inondations), lorsque tout reste constant, la probabilité d'adopter les stratégies agricoles augmente de 0.129.

Lorsque tout reste constant, pour un are supplémentaire de la taille de l'exploitation, la probabilité d'adopter les stratégies agricoles augmente de 0.134.

IV.2.3. Estimation de l'effet des stratégies d'adaptation sur le revenu des ménages

Bien qu'il existe de nombreuses approches d'estimation de la qualité de l'appariement, le biais standardisé moyen, le pseudo R^2 et le test du rapport de vraisemblance, qui sont les plus largement utilisés et suggérés par Rosenbaum et Rubin (1985), ont été adoptés dans cette étude.

L'effet de cette variable de résultat a été obtenu en faisant correspondre un groupe de comparaison idéal (ménages adoptant les stratégies non agricoles) au groupe de traitement (ménages adoptant les stratégies agricoles) sur la base des scores de propension (scores P) de X. X est l'ensemble des caractéristiques observables qui déterminent la participation à l'adoption des stratégies d'adaptation.

IV.2.3.1. Qualité de la correspondance

Le tableau ci-dessous montre le biais standardisé moyen avant et après appariement et la réduction totale du biais obtenue par la procédure d'appariement, respectivement.

Tableau 9: Test d'équilibre pour les covariables

		Mean		%reduct		t-test	
Variable	Sample	Treated	Control	%bias	bias	T	p>t
Age	U	45.305	44.601	5.5		0.49	0.622
	M	45.305	46.039	-5.8	-4.3	-0.48	0.63
Sexe	U	0.6875	0.57339	23.7		2.11	0.035
	M	0.6875	0.66406	4.9	79.5	0.4	0.69
Etatcivil	U	1.4219	1.6422	-28.5		- 2.51	0.012
	M	1.4219	1.4375	-2.0	92.9	- 0.17	0.866
NE	U	0.91406	0.75688	26.7		2.41	0.017
	M	0.91406	0.89063	4.0	85.1	0.33	0.742
Accescredit	U	0.82813	0.67431	36.1		3.15	0.002
	M	0.82813	0.78125	11.0	69.5	0.94	0.346
taillemen	U	6.3984	5.4358	46.0		4.10	0.000
	M	6.3984	6.1172	13.4	70.8	1.04	0.298
membactif	U	1.8516	1.5963	36.1		3.35	0.001
	M	1.8516	1.8203	4.4	87.8	0.37	0.711
accesinfo	U	0.8125	0.61927	43.7		3.82	0.000
	M	0.8125	0.78125	7.1	83.8	0.62	0.536
expflood	U	8.80E+06	6.20E+06	4.91E+01		4.45	0.000
	M	8.80E+06	8.70E+06	1.80E+00	9.63E+01	1.30E-01	0.896
nbresr	U	2.6875	2.6927	-0.7		-0.06	0.95
	M	2.6875	2.7031	-2.1	-202.8	-0.17	0.865
tailleexploi	U	1.4727	1.117	56.9		4.97	0.00
	M	1.4727	1.5039	-5.0	91.2	-0.38	0.705
membcbo	U	0.75	0.55046	42.7		3.76	0.000
	M	0.75	0.72656	5.0	88.3	0.43	0.671
distmkt	U	0.3125	0.18807	25.0		2.25	0.025
	M	0.3125	0.39063	-15.7	37.2	-0.98	0.33
diploel	U	0.28906	0.37615	-17.0		-1.50	0.134
	M	0.28906	0.25781	6.1	64.1	0.55	0.584

Source : Auteure 2023

Le tableau ci-dessus montre le biais standardisé moyen avant et après l'appariement et la réduction du biais obtenue grâce à la procédure d'appariement, respectivement. La différence standardisée des covariables avant mise en correspondance est comprise entre -28.5% et 46 % en valeur absolue. Une fois appariée, la différence normalisée restante des covariables pour toutes les covariables se situe entre – 15.7 % et 13.4 %, ce qui est inférieur au niveau critique de 20 % suggéré par Rosenbaum et Rubin (1985).

De même, le test t a également révélé que toutes les covariables sont devenues insignifiantes après l'appariement, tandis que onze d'entre elles étaient significatives avant l'appariement.

IV.2.3.2. Analyse de Sensibilité

Le tableau suivant montre la différence moyenne normalisée pour les covariables globales utilisées dans la propension.

Tableau 10 : Test de la qualité d'appariement

Sample	Ps R2	LR chi2	p>chi2	MeanBias	MedBias	B	R	%Var
Unmatched	0.171	77.86	0.000	31.3	32.3	104.9*	0.81	20
Matched	0.015	5.25	0.982	6.3	5	28.7*	1.11	30

Source : Auteure 2023

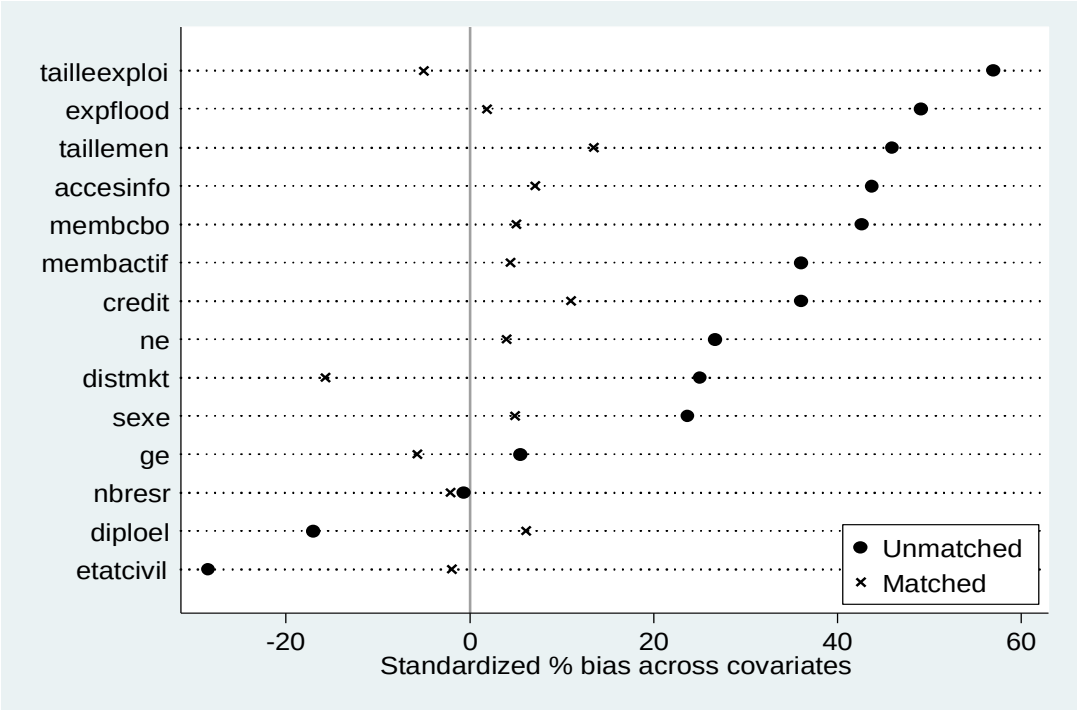
Une autre méthode importante pour évaluer la qualité de l'appariement est le pseudo R2. Le pseudo R2 indique dans quelle mesure les covariables de régression explique la probabilité d'adoption des stratégies d'adaptation. Apres l'appariement, le pseudo R2 devrait être relativement bas, ce qui signifie qu'il n y a pas de différences systématiques dans la distribution des covariables entre le groupe traité et le groupe de contrôle. Il a été indiqué que le pseudo R2 avant l'appariement était de 17.1% tandis que après l'appariement, le pseudo R2 était de 1.5%, ce qui implique qu'il n' y a pas eu de problème dans le processus d'appariement des ménages adoptant les stratégies agricoles avec les ménages adoptant les stratégies non agricoles (tableau 10).

Le score pour la (31.3 % avant appariement) est réduit à environ 6,3% après correspondance. En outre, les valeurs de p des tests de ratio de vraisemblance montrent que l'articulation de la signification des covariables a toujours été rejetée après la correspondance alors qu'elle n'a jamais été rejetée avant la mise en correspondance. Par conséquent, la spécification du processus d'estimation du score de propension est réussie.

Le faible pseudo R2, un faible biais standardisé pour les deux, une forte réduction totale du biais, et les valeurs p insignifiantes du test du rapport de vraisemblance après appariement suggèrent que la spécification de la propension est réussie en termes d'équilibrage de la distribution des covariables entre les groupes traités et témoins.

Tous les tests ci-dessus suggèrent que l'algorithme d'appariement qui a été choisi est relativement meilleur avec les données disponibles. Ainsi, il est possible de faire précéder l'estimation de la TTA pour les ménages.

Figure 10 : Biais standardisé avant et après appariement



Source: Auteure 2023

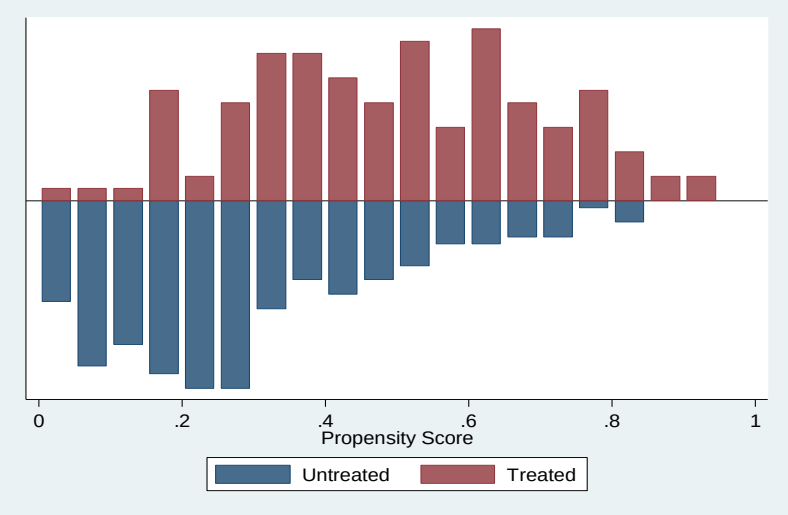
Cette figure ci-dessous montre une importante réduction du biais standardisé après appariement. Avant appariement, la valeur de la plupart était supérieure à 0.7% et va jusqu'à plus de 46% pour des variables comme la taille de l'exploitation.

Après appariement, les variables comme taille du ménage, accès au crédit et accès au marché pourraient encore avoir un biais standardisé moyen supérieur à 5%. Ce sont les meilleurs résultats qui ont pu être obtenus sur cet échantillon.

IV.2.3.3. Condition de soutien commun

Seules les observations situées dans la région de soutien commun seront appariées à l'autre groupe et les autres ne doivent pas être prises en considération. Dans cette étude, l'analyse visuelle de la distribution de la densité du score de propension entre deux groupes a été utilisée pour confirmer la région de soutien commun. On suppose que la probabilité de participer à l'adoption des stratégies d'adaptation, conditionnellement aux caractéristiques observées, se situe entre 0 et 1 (ce qui implique que la participation n'est pas parfaitement prédite).

Figure 11 : Condition de soutien commun



Source : Auteure 2023

Note : « Untreated » fait référence au groupe de contrôle « adoptant les stratégies non agricoles»; « Treated » fait référence au groupe traité (adoptant les stratégies agricoles).

L'observation de la figure 11 montre clairement qu'il y a un chevauchement entre les groupes traités et les groupes de contrôle. Toutefois, selon Dehejia et Wahba (2002), lorsqu'il existe un chevauchement important dans la distribution des scores de propension entre le groupe traité et le groupe témoin, les techniques d'appariement ne sont appliquées qu'à la région de support commune. La figure 11 montre que la condition de soutien commun est remplie puisqu'il y a un chevauchement dans la distribution des scores de propension estimés pour les deux groupes. Dans ce cas, la procédure d'appariement n'est réalisée que dans la région de soutien commun.

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

IV.2.3.4. Estimation de l'effet des stratégies agricoles ou ATT

Dans cette partie, les résultats nous montrent l'effet des stratégies agricoles (effet moyen du traitement) et non agricole (effet moyen du groupe témoin) par le groupe traité sur le revenu total annuel des ménages.

Le résultat calculé par PSM montre un effet statistiquement significatif de l'adoption des stratégies agricoles sur le revenu des ménages.

Tableau 12 : effet des stratégies agricoles sur le revenu total des ménages

Variable	Sample	Treated	Controls	Difference	S.E.	T-stat
Revenu total annuel	Unmatched	2917921.88	2294213.77	623708.109	139404.35	4.47
	ATT	2917921.88	2277050.79	**640871.086**	220799.441	2.9
	ATU	2294213.77	2731743.12	437529.353	.	.
	ATE			512754.04	.	.

Source : Auteure 2023

Ces résultats montrent que l'adoption des stratégies agricoles a eu des effets positifs sur le revenu des ménages. Cependant, ce résultat est statiquement significatif (T-stat >1.96).

Par conséquent, le résultat du modèle MSP indique que dans les ménages pratiquant les stratégies agricoles comme la principale stratégie d'adaptation, le revenu a augmenté de 640871.086Fbu en moyenne par rapport aux ménages pratiquant les stratégies non agricoles. Cela implique que la diversification des stratégies agricoles a au moins une influence sur le revenu des ménages c'est-à-dire une utilité supérieure en terme de revenu par rapport à ceux adoptant des stratégies non agricoles.

IV.3. Discussion générale

Les principales ambitions de cette recherche étaient d'analyser la décision d'adaptation des ménages en zones inondables de Mutimbuzi ; d'identifier les stratégies privilégiées par les ménages en zones d'étude ; de déterminer les facteurs psychologiques, socioéconomiques et institutionnelles influençant la décision des ménages en matière d'adaptation et d'évaluer l'effet de cette décision sur leur revenu.

Pour répondre à ces objectifs, deux grandes étapes méthodologiques ont été nécessaires, d'abord l'analyse descriptive, l'estimation des facteurs déterminant la décision des ménages par un modèle logistique et après l'évaluation par la méthode d'appariement des scores de propension (PSM). La combinaison de ces deux volets constitue la principale originalité scientifique de notre approche.

L'analyse descriptive nous a montré les stratégies agricoles (37%) et non agricoles (63%) comme les stratégies privilégiées dans la zone d'étude d'où notre première hypothèse qui stipule que les ménages adoptent des stratégies endogènes est vérifiée.

En outre, le niveau d'éducation a également eu une incidence positive sur l'adaptation des ménages dans la pratique au niveau de signification de 5 % (Coef. = 1,149 p = 0,036). Pour chaque niveau de scolarité supplémentaire atteint par le chef de famille, la probabilité d'adaptation du ménage augmentera de près de 3,15 fois (OR=3.158099).

Cette corrélation concorde bien avec les résultats précédents qu'un niveau d'éducation plus élevé augmente la probabilité d'adaptation au changement climatique (Deressa et al. 2009 ; Thoai et al. 2018 ; Ndamani et Watanabe 2016). Thoai *et al.* (2018) ont constaté que les agriculteurs qui obtiennent des qualifications plus élevées sont plus susceptibles de s'adapter au changement climatique en adoptant de nouveaux cultivars et en suivant les prévisions météorologiques. Par ailleurs, Ndamani et Watanabe (2016) suggèrent que les ménages les plus instruits sont mieux informés en raison de leur capacité à accéder aux informations relatives aux stratégies d'adaptation.

La décision d'adaptation des agriculteurs a également été positivement influencée par leur propre force de travail (coef. = 0,4234, p = 0,053). Les ménages disposant d'une main-d'œuvre plus importante étaient plus susceptibles de s'adapter aux risques liés aux inondations.

Lorsque tout reste constant, les chances d'adaptation des ménages augmentent de 52,7 % pour chaque main-d'œuvre supplémentaire (OR = 1,527165).

Cette conclusion, bien que similaire aux résultats de Ndamani et Watanabe (2016) et d'Asrat et Simane (2018), contraste avec ceux rapportés par Thoai *et al.* (2018) selon lesquels l'adaptation aux variations climatiques n'est pas associée à la disponibilité de la main-d'œuvre.

Le rôle de la main d'œuvre est souligné par Asrat et Simane (2018) à travers la taille du ménage car elle est généralement associée à la disponibilité de la main d'œuvre.

L'accès au marché a joué un rôle positif et significatif sur la décision d'adaptation des ménages (Coef.=1.307, p=0.000). En effet, les ménages qui ont accès au marché ont plus de chance de 3,69fois (OR=3.696711) d'adopter les stratégies agricoles comme mesure d'adaptation aux inondations.

Comme prévu, l'accès au marché a un effet positif significatif sur la décision d'adopter des stratégies agricoles. Un marché comme lieu d'échange des biens et services mais aussi un lieu où circule les informations diverses. L'information permet aux ménages d'adopter des stratégies agricoles améliorées. Ces informations permettent à l'agriculteur de prendre une décision en toute connaissance de cause en choisissant les stratégies agricoles appropriées. Ce résultat est fortement soutenu par Abid *et al.* (2016) et Deressa et al. (2009).

Outre les caractéristiques démographiques et socio-économiques, la décision d'adaptation des ménages a également été identifiée comme étant influencée par des facteurs cognitifs (ou psychologiques). Les ménages qui ont subi des dommages suite aux inondations (expérience antérieure des inondations) (Coef. = 0.7630; p = 0,000 ; OR = 2,144832) étaient plus susceptibles de s'adapter aux inondations. Ces résultats sont conformes aux conclusions antérieures de Dang *et al*. (2014) et Luu *et al.* (2019) que les ménages agricoles sont plus susceptibles de s'adapter aux chocs climatiques lorsqu'ils perçoivent des risques plus élevés pour leur quotidien. De plus, l'expérience antérieure des inondations liée a l'étendue des dommages donne une leçon qui peut inciter un ménage à être vigilant pour ne pas subir les mêmes effets antérieurs. Aussi, les études de Dang *et al.* (2014) et Luu *et al.* (2019) ont montré que la probabilité d'adaptation est plus élevée pour les personnes qui ont une bonne connaissance des risques potentiels du changement climatique et de l'efficacité des mesures d'adaptation.

Résultat de (Kreibich *et Al.*,2017*),* conclut qu'une première inondation peut servir de signal d'alarme en sensibilisant, en préparant et en améliorant les réponses institutionnelles.

Dans le contexte des risques naturels, Cameron et Shah (2015) ont trouvé une relation positive entre le fait d'avoir vécu une inondation ou un tremblement de terre au cours des trois années précédant leur enquête et l'aversion au risque dans le domaine des gains.

Ainsi, les résultats de cette recherche nous ont montré un lien positif et significatif de l'effet psychologique et l'adoption des stratégies agricoles (investissement risqué suite aux aléas climatiques) ; Cela nous permet de conclure que dans la zone d'étude, l'expérience des inondations n'augmente pas l'aversion au risque des ménages. Cela est similaire aux résultats de Voors *et al.* (2012) d'après une étude menée au Burundi en 2009, les membres de communautés exposées à des violences durant la guerre civile (entre 1993 et 2003) étaient en général moins réticents à prendre des risques dans le domaine des gains que les personnes faisant partie de communautés qui n'ont pas été touchées par des violences durant cette période. En revanche, l'exposition à des violences n'affecte pas l'aversion au risque dans le domaine des pertes selon Voors *et al.* (2012).

La taille de l'exploitation influence positivement et significativement la décision de pratiquer les stratégies agricoles (Coef.=0.7973, p=0.001). En conséquence, pour un mètre carré supplémentaire de la taille de l'exploitation, toutes choses restent égales par ailleurs, les chances d'adopter les stratégies agricoles augmentent de 2.21fois (OR=2.219711).Ces résultats sont similaires à ceux de Hassan et Nhemachena (2008); Gbetibouo (2009) ont constaté un lien positif significatif entre la taille de l'exploitation et la probabilité de s'adapter.

D'où notre deuxième hypothèse qui stipule que les variables socio-économiques, psychologiques et institutionnelles ont un effet positif et significatif sur la décision d'adaptation des ménages est vérifiée.

Les résultats de la méthode d'appariement de scores de propension(PSM) nous ont montré un effet positif et significatif des ménages adoptant des stratégies agricoles (cultures maraîchères et l'association de cultures) comme mesure d'adaptation aux inondations. En effet, le revenu de ces ménages adoptants (groupe traité) a augmenté de 640871.086Fbu.

Ces résultats concordent avec les résultats de Saboury NDIAYE d'une étude menée au Sénégal, ont confirmé un effet positif et significatif de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique à l'aide des variables instrumentales LATE sur la sécurité alimentaire et le revenu des ménages.

Ces résultats sont similaires aux résultats d'Akhter Ali *et al*., 2017 en Ethiopie ont confirmé que la diversification des stratégies agricoles a un effet positif et significatif sur le bien être des ménages ruraux. De plus les résultats de Wanie Jules *et al.,* 2020 au Cameroun ont confirmé que la diversification des stratégies agricole accroit le revenu des ménages.

Conclusion du quatrième chapitre

Cette partie expose les résultats de l'analyse descriptive et des résultats des estimations économétriques. Les stratégies agricoles et non agricoles ont été identifiées comme des stratégies les plus pratiquées dans la zone d'étude. Les résultats montrent que 37% des enquêtés ont adopté les stratégies agricoles et 63% des stratégies non agricoles pour faire face aux effets des inondations. De plus, le niveau d'éducation, membre actif, expérience antérieure des inondations, accès au marché et taille de l'exploitation sont les déterminants de la décision d'adaptation dans la zone d'étude. Les résultats du PSM nous ont montré un effet positif et significatif de l'adoption des stratégies agricole sur le revenu des ménages.

CHAP. V : CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

V.1. Conclusion générale

L'étude s'est appuyée sur des données transversales concernant les variables socio-économiques, psychologiques et institutionnelles. Le document visait à analyser les stratégies d'adaptation aux inondations privilégiées par les ménages dans la zone d'étude et leurs déterminants. Selon les résultats de l'analyse descriptive, l'étude a identifié 2 catégories des stratégies d'adaptations : stratégies agricoles (37%) et non agricoles (63%) plus spécifiquement la migration, diversification des cultures (cultures maraichères et association des cultures), travail salarié, petit commerce et vente d'actifs comme les principales stratégies d'adaptation utilisées dans la zone d'étude. L'hypothèse qui prédit que les stratégies privilégiées par les ménages dans la zone d'étude sont endogènes est confirmée.

Les résultats ont montré que non seulement les facteurs socioéconomiques et institutionnels influencent la décision d'adaptation des ménages mais aussi les facteurs psychologiques.

En effet, les résultats de la régression logistique binaire sur les déterminants de la décision d'adaptation aux inondations ont montré que le niveau d'étude, accès au marché , membre actif du ménage, l'expérience antérieure des inondations et la taille de l'exploitation ont une influence positive et statistiquement significative sur le choix des ménages en matière d'adaptation aux inondations d'où la première hypothèse qui stipule que les facteurs socioéconomiques et psychologiques ont un effet significatif sur la décision d'adaptation est vérifiée. De plus, l'effet psychologique sur l'adoption des stratégies agricoles a un effet significatif et positif, cela nous montre que dans notre d'étude, l'effet des inondations n'augmente pas l'aversion au risque.

Enfin, la décision de pratiquer des stratégies agricoles a un effet positif et significatif sur les revenus des ménages selon les résultats de la méthode d'appariement des scores (PSM). En effet les ménages qui ont pratiqué les stratégies agricoles comme principale source de revenu, le revenu moyen annuel a augmenté de 640871.086Fbu par rapport aux ménages qui ont pratiqué les stratégies non agricoles. Cela implique que la diversification des stratégies agricoles a au moins une influence positif sur le revenu des ménages c'est-à-dire une utilité supérieure en terme de profit par rapport à ceux adoptant des stratégies non agricoles d'où notre troisième

hypothèse qui prédit que les stratégies d'adaptation agricoles a un effet positif et significatif sur le revenu des ménages est vérifiée.

V.2. Recommandations

L'adoption des stratégies dépend fortement des caractéristiques du ménage mais aussi des stratégies disponibles dans la région. Celles-ci peuvent déterminer l'efficacité des stratégies d'adaptation en termes du bien-être.

A part que les stratégies agricoles ont un effet significatif sur le revenu des ménages, les résultats obtenus lors des entretiens ont révélé que, dans la zone d'étude, la combinaison de deux stratégies (agricoles et non agricoles) est beaucoup plus efficace pour réduire la vulnérabilité des ménages.

Pour certains ménages qui n'ont pas pratiqué les stratégies agricoles, ils ont évoqué que c'est un secteur risqué, d'autres que c'est faute des moyens financiers insuffisants.

En effet, la diversification des activités ou des cultures nécessite des moyens financiers importants alors que la plupart des ménages agricoles victimes des inondations sont vulnérables à cause des dommages subis suite aux inondations de référence (2020).

Par ailleurs, le contexte économique de la zone d'étude n'est pas favorable aux opportunités économiques. Il n'est pas facile d'obtenir un emploi rémunéré. Ceci est d'autant plus difficile pour les populations rurales qui sont majoritairement non qualifiés.

Les implications des résultats de l'étude sont :

Pour les décideurs politiques

- Promouvoir un accompagnement de proximité des ménages pour qu'ils mènent à bien les différentes stratégies entreprises ;
- Encourager l'interaction et la coordination des systèmes sociaux, psychologiques, économiques, institutionnels et spatiaux afin de contrebalancer efficacement les risques potentiels, les dommages éventuels causés par les inondations ;
- Encourager les stratégies plus rémunératrices des revenus comme les stratégies agricoles ;
- Inciter les ménages ruraux à participer dans les initiatives collectives (coopératives, associations, etc.) ;

- Améliorer les connaissances et les besoins de sensibilisation des différents acteurs concernés en matière d'adaptation au changement climatique ;
- Eduquer, former et accompagner les ménages afin de rendre efficace leurs stratégies entreprises ;
- Assurer une collaboration avec les parties prenantes (de haut en bas) afin d'élaborer des projets permettant d'atteindre de bons résultats en faveur des vulnérables.

Pour les organismes internationaux /ONG :

- Implémenter des mécanismes visant à renforcer la capacité des ménages agricoles ; promouvoir l'emploi en zones rurales ; Créer et financer les microprojets.
- Assurer un suivi évaluation en permanence qui aide à identifier les décisions à différents horizons temporels.
- Renforcer les capacités de la résilience des ménages en améliorant leurs savoirs locaux.
- Faciliter l'accès aux intrants des cultures résilientes aux inondations dans la zone.
- Promouvoir des opportunités des activités entrepreneuriales afin de réduire les effets néfastes des inondations sur le bien être des ménages.

Pour les ménages :

- Participer dans des associations/coopératives afin d'avoir accès au crédit et bénéficier d'autres avantages de participation ;
- Diversifier les cultures à court cycle en associant avec le petit élevage comme source de revenu principal ;
- Développer la diversification des activités non agricoles (le commerce, etc.) comme une source supplémentaire de revenu ;
- Participer aux activités des organisations communautaires afin d'accéder à des informations, des connaissances, des compétences et des ressources utiles.

En perspective deux nouvelles pistes de recherche sont ressorties de l'étude :

- Evaluer l'impact de l'adoption des stratégies agricoles sur la sécurité alimentaire
- Evaluer l'effet des stratégies agricoles sur d'autres zones inondables.

Limites

Cette recherche apporte certes des éléments nouveaux sur le thème de la décision d'adaptation aux inondations, mais elle comporte aussi des limites qu'il convient de définir clairement pour préciser la portée des résultats. Ces limites proviennent du type de données utilisées.

En effet, soulignons que les données se rapportent à un échantillon de 346 ménages résidant spécifiquement dans deux sites de Mutimbuzi (Sobel et Kinyinya II) faute de nos moyens financiers limités et du temps imparti à cette recherche limité. De plus, certaines zones étaient inaccessibles au moment de l'enquête à cause des inondations ce qui nous a empêché de collecter des informations supplémentaires en dehors des sites. En conséquence, il est possible que nos résultats ne s'appliquent plus à plus grande échelle, même si nous avons fait en sorte que l'échantillon étudié soit diversifié en termes de caractéristiques sociodémographiques.

Aussi, les estimations de perte suite aux inondations de 2020 pourraient être quelque peu biaisées car les ménages trouvaient dans la réalisation de l'enquête, un travail pouvant les aider à jouir d'une probable aide alimentaire.

Une autre limite réside aussi sur l'outil d'analyse utilisé PSM, le matching dépend uniquement des caractéristiques observées. Par conséquent si la sélection (adoption) dépend des caractéristiques inobservées, l'utilisation du matching entraine une estimation biaisée de l'impact (King and Nielsen 2016)

Enfin, le désintéressement de plus en plus remarqué des paysans des enquêtes a été un grand blocage tout au début. Fort heureusement, les nombreuses séances d'explication se sont révélées fructueuses et ont permis l'heureux aboutissement de cette recherche.

REFERENCES

Abderraouf Zaatra, 2021, Vulnérabilité des exploitations agricoles et préférences d'adaptation au changement climatique dans le territoire du Pays Haut Languedoc et vignoble (PHLV), thèse, Université Montpellier.

Abid M., Schneider U.A., Scheffran J. Adaptation to climate change and its impacts on food productivity and crop income: perspectives of farmers in rural Pakistan. J. Rural Stud. 2016;47:254–266. [Google Scholar]

Ali A., Erenstein O. Assessing farmer use of climate change adaptation practices and impacts on food security and poverty in Pakistan. Clim. Risk Manag. 2017;16:183–194. [Google Scholar]

Amare A., Simane B. Does adaptation to climate change and variability provide household food security? Evidence from Muger sub-basin of the upper Blue-Nile, Ethiopia. Ecol Proc. 2018; 7:13. 2018. [Google Scholar]

Anderson, J. R. (2001), "Risk management in rural development", A *review. Rural development strategy background paper*, *7*.

Arry, R., Esti, A., Muh, A. M. et Andreas, D., 2014. Environmental Ethics in Local Knowledge Responding to Climate Change: An Understanding of Seasonal Traditional Calendar *PranotoMongso* and Its Phenology in Karst Area of GunungKidul, Yogyakarta, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences, 20,* 785-794.

Asaminew, A. Climate Change, Growth and Poverty in Ethiopia; The Robert S. Strauss Centre, The University of Texas at Austin: Austin, TX, USA, 2013; pp. 1–30.

Asfaw, S., Coromaldi, M. et Lipper, L. (2015). Adaptation to climate risk and food security : evidence from smallholder farmers in Ethiopia.

Asfaw, S., McCarthy, N., Paolantonio, A., Cavatassi, R., Reda, M. A., & Lipper, L. (2015), « Livelihood diversification and vulnerability to poverty in rural Malawi".*Available at SSRN 3305894*.

Bakhsh K, Kamran MA (2019) Adaptation to climate change in rain-fed farming system in Punjab. Pakistan Int J Commons 13(2):833–847.

Batungwanayo P, Vanclooster M, Koropitan AF (2020) Response of seasonal vegetation dynamics to climatic constraints in northeastern Burundi. J Geosci Environ Protect 8(09):151.

Birk, T. et Rasmussen, K. 2014. Migration from atolls as climate change adaptation: Current practices, barriers and options in Solomon Islands. *Natural Resources Forum, 38*, 1-13.

Boubié Raoul Yaro, 2019, Résilience des agriculteurs face aux changements climatiques: un exemple d'application au Burkina Faso, mémoire, Université LAVAL

BRACED (2015). M&E Guidance note, Knowledge Manager, 79 p

Brooks, N., Adger, W.N. et Kelly, P.M. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation.*Global Environmental Change–Humanand Policy Dimensions,* 15 (2), 151-163.

Butault, J. P., Delame, N., & Lerouvillois, P. (2005), « Activité extérieure et revenus des ménages agricoles ». *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires*, (289-290), 75-90.

Christina Bollin et al. (2014)Analyse intégrée de la Vulnérabilité auBurundi, 2014
Cognitive Psychology, 5:207–232.

Dercon S., (2004), « Insurance against Poverty UNU– wider studies » in Development Economics, Oxford University Press.

Deressa T., Hassan R.M., Ringler C. (2008). *Measuring Ethiopian farmers' vulnerability to climate change across regional states*. Washington (Etats-Unis): International Food Policy Research Institute (IFPRI). 32 p. (IFPRI Discussion Paper, n. 806).

Deressa, T.T. Measuring the Economic Impact of Climate Change on Ethiopian Agriculture: Ricardian Approach. Soc. Sci. Res. Netw. **2007**, 4342, 32. [CrossRef]

Deressa, T.T.; Hassan, R.M.; Ringler, C.; Alemu, T.; Yesuf, M. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. Glob. Environ. Chang. **2009**, 19, 248–255. [CrossRef]

DFID (2014). KPI4 Guidance, U, K, Department for International Development,

DFID (Department for International Development). 1999. *Sustainable guidance sheets: framework*. Londres

Di Falco, S. (2014). Adaptation to climate change in Sub-Saharan agriculture : assessing the evidence and rethinking the drivers. *European Review of Agricultural Economics*, 41(3), 405–430.

GALLOPIN, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. Global Environnemental Change, 16:293–303.

Gérard N. et Astere N., 2018, Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques, Troisième Communication Nationale sur les Changements Climatiques, Bujumbura

Hassan R.M., Nhemachena C. (2008). Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 2, n. 1, p. 83-104.

Khanal U, Wilson C, Hoang VN, Lee B (2019) Impact of community-based organizations on climate change adaptation in agriculture: empirical evidence from Nepal. Environ Dev Sustain 21(2):621–635.

Kochar A., (1999), "Smoothing consumption by smoothing income: Hours-of-Work Responses to idiosyncratic agricultural Shocks in rural India". The review of Economics and Statistics, Feb. 1999, 81(1): 50-61.

Kochar A., (1999), "Smoothing consumption by smoothing income: Hours-of-Work Responses to idiosyncratic agricultural Shocks in rural India". The review of Economics and Statistics, Feb. 1999, 81(1): 50-61.

Kreibich, H.; Di Baldassarre, G.; Vorogushyn, S.; Aerts, J.C.J.H.; Apel, H.; Aronica, G.T.; Arnbjerg-Nielsen, K.; Bouwer, L.M.;Bubeck, P.; Caloiero, T.; et al. Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies. Earth's Future **2017**, 5,953–965. [CrossRef]

Lancsar E., Louviere J. (2008). Conducting discrete choice experiments to inform healthcare decision making. *PharmacoEconomics*, 2008/08/01, vol. 26, n. 8, p. 661-677. **Marschak J. (1974).** Binary-choice constraints and random utility indicators (1960). In: **Marschak J.** *Economic information, decision, and prediction*. Dordrecht (Pays-Bas): Springer. p. 218-239. (vol. 1, n. 1).

MINAGRIE, Troisième Communication Nationale sur les Changements Climatiques, Bujumbura, 2019.

Ndamani F, Watanabe T (2016) Determinants of farmers' adaptation to climate change: a micro level analysis in Ghana. Scientia Agricola 73(3):201–208.

Neset T.-S., Wiréhn L., Opach T., Glaas E., Linnér B.-O. (2019). Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: the case of Swedish agriculture. *Ecological Indicators*, 2019/10/01, vol. 105, p. 571-580.

Piya L, Maharjan KL, Joshi NP (2013) Determinants of adaptation practices to climate change by Chepang households in the rural mid-hills of Nepal. Reg Environ Chang 13(2):437–447.

Rakotoarisoa M. M. (2017) : Les risques hydrologiques dans les bassins versants sous contrôle anthropique : modélisation de l'aléa, de la vulnérabilité et des conséquences sur les sociétés : Cas de la région Sud-ouest de Madagascar. Thèse de doctorat en Géographie, Université d'Angers et Université de Toliara, 519 p.

Rickards L., Howden S.M. (2012). Transformational adaptation: agriculture and climate change. *Crop and Pasture Science*, vol. 63, n. 3, p. 240-250.

ROGERS, R. W. et DECKNER, C. W. (1975). Effects of fear appeals and physiological arousal upon emotion, attitudes, and cigarette smoking. Journal of personality and social psychology, 32(2):222.

Rosenbaum, P. R., and D. B. Rubin. 1983. "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects."Biometrika 70 (1): 41–55.

Rosenbaum, P.R. et Rubin, D.R. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Bometrika*, 70(1), 41-55.

Rosenberg, M.J. et Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In M. J. Rosenberg et coll. (Ed.), Attitude Organization and Change: An Analysis of Consistency Among Attitude Components. *New Haven*: Yale University Press.

Rubin, D.R. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and non-randomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(5), 688-701.

Saboury NDIAYE, 2018. Impact de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique sur la sécurité alimentaire et le revenu des ménages pastoraux dans la zone du Ferlo au Sénégal. *Thèse,*Universite de Thies,*P.78*

Sahu N.C., Mishra D. Analysis of perception and adaptability strategies of the farmers to climate change in Odisha, India. APCBEE Procedia. 2013;5:123–127. [Google Scholar]

Shukla R., Sachdeva K., Joshi P.K. (2016). Inherent vulnerability of agricultural communities in Himalaya: a village-level hotspot analysis in the Uttarakhand state of India. *Applied Geography*, 2016/09/01, vol. 74, p. 182-198.

Small K., Hsiao C. (1985). Multinomial logit specification tests. *International Economic Review*, vol. 26, n. 3, p. 619-27.

Soekhai V., de Bekker-Grob E.W., Ellis A.R., Vass C.M. (2019). Discrete choice experiments in health economics: past, present and future. *PharmacoEconomics*, 2019/02/01, vol. 37, n. 2, p. 201-226.

Thennakoon J., Findlay C., Huang J., Wang J. Management adaptation to flood in guangdong province in China:do property rights matter? World Dev. 2020;127:104767. [Google Scholar]

Thoai TQ, Rañola RF, Camacho LD, Simelton E., (2018) Determinants of farmers' adaptation to climate change in agricultural production in the central region of Vietnam. Land Use Policy 70:224–231.

Torquebiau E. (ed.) (2015). *Changement climatique et agricultures du monde*. Versailles (France) Quae. 327 p. (Agricultures et Défis du Monde).

TVERSKY, A. et KAHNEMAN, D. (1973). Availability : A Heuristic for Judging Frequency.

UNISDR (2015), Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Tokyo, Japan.

UNISDR.(2005). Building the resilience of nations and communities to disaster: An introduction to the Hyogo Framework for Action. 2005–2015. UNISDR [Online]. Available from www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-doc/Ldocs/ Hyogo-framework-for-action-english.pdf.

Voors, M. J., Nillesen, E. E. M., Verwimp, P., Bulte, E. H., Lensink, R. et Soest, D. P. V. (2012). Violent Conflict and Behavior: A Field Experiment in Burundi. The American Economic Review, 102(2):941–964.

Wanie Jules Abraham, Douswe Benoît, Nlom Jean Hugues, Baïda Louise Angèle Ngo Nonga Fidoline, 2020, Effets des stratégies d'adaptation *Ex Ante* Et bien être des Ménages Agricoles, Global Journal of HUMAN-SOCIAL SCIENCE: Economics, Université de Maroua

ANNEXES

Régression logistique

Logistic regression — Number of obs = 346; Wald chi2(18) = 74.23; Prob > chi2 = 0.0000; Log pseudolikelihood = -176.18787; Pseudo R2 = 0.2272

strategie	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
ge	.008406	.013326	0.63	0.528	-.0177124	.0345244
1.sexe	-.0204298	.6166693	-0.03	0.974	-1.229079	1.18822
etatcivil						
2	.3240566	.6402158	0.51	0.613	-.9307433	1.578856
3	-.2543656	.7571749	-0.34	0.737	-1.738401	1.22967
ne						
1	.4251518	.3446041	1.23	0.217	-.2502599	1.100563
2	1.14997	.5484154	2.10	0.036	.0750958	2.224845
1.credit	.4940938	.3821204	1.29	0.196	-.2548485	1.243036
taillemen	.0717818	.0731502	0.98	0.326	-.07159	.2151537
membactif	.423413	.2188575	1.93	0.053	-.0055398	.8523657
1.accesinfo	.504757	.3267222	1.54	0.122	-.1356067	1.145121
Lexpflood	.7630612	.1717626	4.44	0.000	.4264128	1.09971
nbresr	-.1006876	.1927956	-0.52	0.601	-.4785601	.2771849
tailleexploi	.7973768	.2345858	3.40	0.001	.3375972	1.257156
1.membcbo	.5201192	.3228027	1.61	0.107	-.1125624	1.152801
distmkt						
1	1.307444	.3483963	3.75	0.000	.6245994	1.990288
2	-1.374035	.9941246	-1.38	0.167	-3.322484	.5744131
diploel						
1	-.3511871	.2822558	-1.24	0.213	-.9043982	.202024
2	-1.302674	1.144975	-1.14	0.255	-3.546784	.9414366
_cons	-16.22315	2.946231	-5.51	0.000	-21.99766	-10.44864

Rapports de chances

Logistic regression — Number of obs = 346
Wald chi2(18) = 74.23
Prob > chi2 = 0.0000
Log pseudolikelihood = -176.18787 — Pseudo R2 = 0.2272

strategie	Odds Ratio	Robust Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
ge	1.008441	.0134385	0.63	0.528	.9824435	1.035127
1.sexe	.9797775	.6041987	-0.03	0.974	.2925618	3.281235
etatcivil						
2	1.382726	.8852427	0.51	0.613	.3942605	4.849407
3	.7754082	.5871197	-0.34	0.737	.1758012	3.420101
ne						
1	1.529823	.5271832	1.23	0.217	.7785984	3.005859
2	3.158099	1.73195	2.10	0.036	1.077987	9.252044
1.credit	1.639012	.6263001	1.29	0.196	.7750339	3.466121
taillemen	1.074421	.0785942	0.98	0.326	.9309125	1.240052
membactif	1.527165	.3342314	1.93	0.053	.9944755	2.345188
1.accesinfo	1.656583	.5412424	1.54	0.122	.873186	3.142821
Lexpflood	2.144832	.3684018	4.44	0.000	1.531753	3.003294
nbresr	.9042155	.1743288	-0.52	0.601	.619675	1.31941
tailleexploi	2.219711	.5207125	3.40	0.001	1.401576	3.515411
1.membcbo	1.682228	.5430277	1.61	0.107	.8935416	3.167051
distmkt						
1	3.696711	1.287921	3.75	0.000	1.867498	7.31764
2	.2530836	.2515966	-1.38	0.167	.0360631	1.776088
diploel						
1	.7038521	.1986663	-1.24	0.213	.4047854	1.223877
2	.2718041	.311209	-1.14	0.255	.0288172	2.563662
_cons	9.00e-08	2.65e-07	-5.51	0.000	2.80e-10	.000029

Les effets marginaux

```
Average marginal effects                        Number of obs   =       346
Model VCE    : Robust

Expression   : Pr(strategie), predict()
dy/dx w.r.t. : ge 1.sexe 2.etatcivil 3.etatcivil 1.ne 2.ne 1.credit taillemen membactif 1.accesinfo
               Lexpflood nbresr tailleexploi 1.membcbo 1.distmkt 2.distmkt 1.diploel 2.diploel
```

	Delta-method dy/dx	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
ge	.0014218	.002246	0.63	0.527	-.0029802	.0058238
1.sexe	-.0034551	.1042464	-0.03	0.974	-.2077743	.2008641
etatcivil						
2	.0562085	.1107339	0.51	0.612	-.160826	.2732429
3	-.0421509	.1246366	-0.34	0.735	-.2864342	.2021324
ne						
1	.0704004	.0561794	1.25	0.210	-.0397092	.1805101
2	.2000769	.0960688	2.08	0.037	.0117855	.3883683
1.credit	.082822	.0624087	1.33	0.184	-.0394969	.2051409
taillemen	.0121412	.0123669	0.98	0.326	-.0120975	.0363799
membactif	.0716161	.036561	1.96	0.050	-.0000422	.1432743
1.accesinfo	.0855775	.0544743	1.57	0.116	-.0211902	.1923452
Lexpflood	.1290642	.0266826	4.84	0.000	.0767673	.1813611
nbresr	-.0170303	.0325568	-0.52	0.601	-.0808404	.0467798
tailleexploi	.1348684	.0373017	3.62	0.000	.0617583	.2079784
1.membcbo	.0885551	.0539995	1.64	0.101	-.017282	.1943923
distmkt						
1	.2421211	.0635008	3.81	0.000	.1176618	.3665805
2	-.1908125	.103675	-1.84	0.066	-.3940117	.0123867
diploel						
1	-.0592028	.0473289	-1.25	0.211	-.1519657	.0335601
2	-.1959351	.1412588	-1.39	0.165	-.4727973	.0809271

Score de propension et test d'équilibrage de covariance

Variable	Unmatched / Matched	Mean Treated	Mean Control	%bias	%reduct |bias|	t-test t	t-test p>|t|	V(T)/V(C)
ge	U	45.305	44.601	5.5		0.49	0.622	0.97
	M	45.305	46.039	-5.8	-4.3	-0.48	0.630	1.17
sexe	U	.6875	.57339	23.7		2.11	0.035	.
	M	.6875	.66406	4.9	79.5	0.40	0.690	.
etatcivil	U	1.4219	1.6422	-28.5		-2.51	0.012	0.75
	M	1.4219	1.4375	-2.0	92.9	-0.17	0.866	0.89
ne	U	.91406	.75688	26.7		2.41	0.017	1.09
	M	.91406	.89063	4.0	85.1	0.33	0.742	1.26
credit	U	.82813	.67431	36.1		3.15	0.002	.
	M	.82813	.78125	11.0	69.5	0.94	0.346	.
taillemen	U	6.3984	5.4358	46.0		4.10	0.000	0.90
	M	6.3984	6.1172	13.4	70.8	1.04	0.298	0.81
membactif	U	1.8516	1.5963	36.1		3.35	0.001	1.70*
	M	1.8516	1.8203	4.4	87.8	0.37	0.711	2.30*
accesinfo	U	.8125	.61927	43.7		3.82	0.000	.
	M	.8125	.78125	7.1	83.8	0.62	0.536	.
expflood	U	8.8e+06	6.2e+06	49.1		4.45	0.000	1.17
	M	8.8e+06	8.7e+06	1.8	96.3	0.13	0.896	0.75
nbresr	U	2.6875	2.6927	-0.7		-0.06	0.950	1.12
	M	2.6875	2.7031	-2.1	-202.8	-0.17	0.865	1.17
tailleexploi	U	1.4727	1.117	56.9		4.97	0.000	0.64*
	M	1.4727	1.5039	-5.0	91.2	-0.38	0.705	0.54*
membcbo	U	.75	.55046	42.7		3.76	0.000	.
	M	.75	.72656	5.0	88.3	0.43	0.671	.
distmkt	U	.3125	.18807	25.0		2.25	0.025	1.01
	M	.3125	.39063	-15.7	37.2	-0.98	0.330	0.43*
diploel	U	.28906	.37615	-17.0		-1.50	0.134	0.74
	M	.28906	.25781	6.1	64.1	0.55	0.584	1.16

* if variance ratio outside [0.71; 1.42] for U and [0.71; 1.42] for M

Sample	Ps R2	LR chi2	p>chi2	MeanBias	MedBias	B	R	%Var
Unmatched	0.171	77.86	0.000	31.3	32.3	104.9*	0.81	20
Matched	0.015	5.25	0.982	6.3	5.0	28.7*	1.11	30

* if B>25%, R outside [0.5; 2]

	ge	sexe	etatci~l	ne	credit	taille~n	membac~f
ge	1.0000						
sexe	-0.1026	1.0000					
etatcivil	0.2524	-0.8130	1.0000				
ne	-0.4461	0.2561	-0.3535	1.0000			
credit	-0.0720	0.0704	-0.0729	0.0309	1.0000		
taillemen	0.1478	0.2134	-0.2180	0.0380	0.2019	1.0000	
membactif	-0.0124	0.4708	-0.4478	0.0723	0.0587	0.3718	1.0000
accesinfo	-0.0641	0.1269	-0.2131	0.1295	0.0739	0.2578	0.1617
Lexpflood	0.0984	-0.0375	0.0150	-0.0467	0.0723	0.0381	0.0438
nbresr	-0.0234	0.0314	-0.0150	-0.0588	-0.0068	0.0142	0.0963
ailleexploi	0.0777	0.1125	-0.0590	0.0437	0.0601	0.1820	0.1139
membcbo	0.0888	0.0494	-0.1063	0.0198	0.1892	0.2937	0.1448
distmkt	0.0015	-0.0699	-0.0104	0.0687	-0.0030	-0.0354	-0.0582
diploel	0.0554	-0.0257	-0.0051	-0.0563	-0.1627	-0.0779	-0.0496

	accesi~o	Lexpfl~d	nbresr	taille~i	membcbo	distmkt	diploel
accesinfo	1.0000						
Lexpflood	0.0962	1.0000					
nbresr	-0.0605	0.0501	1.0000				
tailleexploi	0.0245	0.0902	-0.0024	1.0000			
membcbo	0.2556	0.0712	-0.0505	0.1198	1.0000		
distmkt	0.1009	0.2421	-0.0154	-0.0492	-0.0187	1.0000	
diploel	-0.0144	0.0116	0.0212	-0.0090	-0.0148	0.1127	1.0000

Annexe 3 : Questionnaire d'enquête auprès des sinistrés des inondations de 2020

I. Lieu de l'enquête

Nom et prénom de l'enquêteur :

Date de l'enquête : ..... /…. /2023

Commune : Mutimbuzi

Bonjour, Soyez les bienvenus à cette discussion de groupe. Mon nom est MUNKURIZE Gisèle. Je suis étudiante chercheur à l'Université du Burundi. Notre étude s'intéresse à l'évaluation des stratégies d'adaptation aux inondations sur le bien être des ménages dans votre zone.

Les résultats issus de cette étude permettront aux décideurs de bien orienter les actions pour plus d'efficacité au grand bonheur des populations de votre zone. Je vous remercie d'avoir accepté de participer à cette séance malgré vos multiples occupations.

On discutera à propos des ***INONDATIONS,*** surtout ce qui concerne les ***STRATEGIES*** que vous développez pour y faire face. Vous êtes priés de discuter librement mais l'un après l'autre. Il n'y a pas de réponses justes ou fausses, toutes les réponses sont les bienvenues. Les informations que vous allez fournir sont importantes. C'est la raison pour laquelle nous vous prions de répondre honnêtement et franchement aux questions.

- **Guide d'animation du focus group discussion**

1. Quelles ont été selon vous les causes des inondations?
2. Y a-t-il des éléments annonciateurs de la manifestation future de ce phénomène ?
3. Y a-t-il des pratiques d'adaptation aux inondations que vous connaissez sans pour autant mettre en œuvre faute de moyens?
4. Etes-vous au courant des stratégies développées dans les communes environnantes ?
5. Selon vous quels sont les pratiques les plus efficaces pour s'adapter au changement climatique ? De quoi auriez-vous besoin pour les appliquer ?

- **Questionnaire d'enquête**

Mesdames, Messieurs, bonjour,

Tout d'abord, nous vous remercions de participer à cette enquête. Notre étude s'intéresse aux stratégies d'adaptation aux inondations et bien être des ménages dans votre zone. Ce questionnaire durera en moyenne 20min. Nous vous rappelons qu'il est anonyme et vous remercions pour l'intérêt que vous accordez à notre enquête !

SECTION A : Les caractéristiques socioéconomiques du Chef de Ménage

1. Nom et prénom du répondant : ……..

2. Lien avec Chef ménage

4. Quel est votre âge ? ☐

5**.** Sexe : Male ☐ ; Femelle ☐

6. Statut matrimonial : célibataire ☐ ; Marié ☐, divorce ☐ , veuf ☐

7. Quel est votre niveau d'instruction ? 1. aucun ☐ 2.primaire ☐ 3= secondaire ☐

4. Universitaire ☐

Section B : Situation avant les inondations

8. Où habitiez-vous avant les inondations ? Colline :…. Zone :…
Commune : …

9. Statut d'occupation de votre maison : propriétaire ☐ Locataire ☐ logé par l'employeur ☐ Parcelle familiale ☐ autres ☐

10. Quel est le principal matériau de construction des murs extérieurs ? Pas de mur ☐ Adobe non recouvert ☐; Murs en pisés ☐; Briques adobes ☐ Bois, planches Végétaux, nattes ☐ ; Briques cuites ☐ ; Bambou avec boue ☐ ; autres (a préciser)

11. Nature du sol : Carrelage ☐ Ciment ☐ Pierres ☐ Terre battue ☐
Autres ☐

12. Nature de la toiture : Tôles neuves ☐ .Chaume/paille ☐ .Tôle d'occasion ☐ .Tuile ☐ .Autres : ……

13. Aviez- vous des moyens communications / d'informations ? Téléphone ☐ radio ☐ autres ☐

14. Quelle était votre Activité principale : Agricole☐ , 4=Commerce☐ , 5=Ouvrier agricole☐ , 6=Pêche☐ , 7=Artisanat☐ 8=Autre (à préciser)

15. Quelles sont les principales sources de votre revenu monétaire ? (3 par ordre d'importance) .Exploitation agricole☐ Salaire☐ .Elevage☐ .Commerce☐ placement ☐, allocation sociale

16. Quel montant par mois pour chaque source ? ☐

17. Avez-vous accès à l'Assurance informelle (Tontine/Epargne) 1=Oui ☐ 2=Non ☐

Si Oui,

17a.Quel type d'assurance :…… ☐

17b. Depuis quand ?..... ☐

18. Quelle part gagniez-vous chaque mois (en Fbu) ?.... ☐

19. Combien y avait-t-il de personnes dans votre ménage (y compris le chef du ménage) ? ☐

20. Combien des membres dans le ménage contribuant au revenu total du ménage ? ☐

21. Pratiquez-vous de l'élevage ?1.oui ☐ 2.non ☐

22. Si oui, lesquels et combien ? . Bovins ☐ . Porcins ☐ . Caprins ☐ . Ovins ☐ . Canards ☐ . Poules ☐ .Lapins ☐ .Apiculture ☐

23. Quelle est la superficie totale de votre exploitation (nombre de parcelle)? ☐

24. Comment aviez-vous obtenu cette exploitation ?

Héritage ☐ .Achat ☐ Location ☐ .Cadeau ou Don ☐ métayage ☐ Autres à préciser……..

25. Etiez-vous membre d'organisation(s) communautaire(s) ?1.oui 2.non

25a. Si oui, la (les)quelle (s)? Et pourquoi ? 1. coopérative agricole ☐ 2.coopérative d'épargne et de crédit ☐ 3.mutuelle de santé ☐ 4.autres ☐

26. L'appartenance dans une organisation/groupement d'épargne a-t-elle augmente le revenu de votre ménage ?1.oui ☐ 2.non ☐

26a. Si oui, de combien a combien ? ☐

27. Dans quelle classe se situe votre revenu mensuel en Fbu ?inferieur a 25 000 ☐ ; entre 25000 et 100 000 ☐ ; entre 100 000 et 150 000 ☐ entre150 000 et 250 000 ☐; supérieur a 250 000 ☐

28. Comment utilisez-vous votre revenu ? Achat des intrants agricoles ☐ ; frais scolaire des enfants ☐ achat des matériels agricoles ☐ achats des parcelles ☐ ; achat du bétail ☐ épargne ☐ achat des aliments ☐ autres (a préciser)

Les investissements agricoles

Intrants	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Semences			
Engrais chimiques			
Fumure organique			
Materiels agricoles (préciser)			
Location d'un champ			
Achat d'une parcelle			
Produits phytosanitaires			
Main d'oeuvre			
Autres (préciser)			

Section B : Les dommages liés aux inondations

29. Y a-t-il dans votre ménage quelqu'un mort suite aux inondations 1.Oui ☐ 2.Non ☐

30. Y avait-il dans votre ménage quelqu'un qui a tombe malade suite aux inondations ? 1= Oui ☐ 2=non ☐

31. Nombre de bétail perdu suite aux inondations ?

32. Quels sont les biens domestique☐erdus suite aux inonda☐ns ? murs exterieurs d'une maison ☐ toiture d'une maison ☐ maison entiere ☐ materiels agricoles(a preciser).équipements ménagers (à préciser) ☐ .autres (à préciser)

33. Quelle valeur de chacun bien perdu (en Fbu)

34. Quelle est la superficie de votre exploitation inondée ?

Section C : Situation après les inondations

35. Avez-vous une parcelle à cultiver actuellement? 1=Oui 2=non

Si oui,

35a.Quelle est la superficie de cette exploitation ?

35b.quelle est la localisation par rapport a votre site ?1= sur le site 2= a moins de 1Km 3= a plus de Km

36. Quel mode d'acquisition ?1=ami 2=Etat 3=autres (a préciser)

37. Etes-vous membre d'organisation(s) communautaire(s) ?1.oui 2.non

38. Si oui, la (les)quelle (s)? Et pourquoi ? 1. coopérative agricole ☐ 2.coopérative d'épargne et de crédit ☐ 3.mutuelle de santé ☐ 4.autres ☐

39. L'appartenance dans une organisation/groupement d'épargne a-t-elle augmente le revenu de votre ménage ?1.oui ☐ 2.non ☐

39a. Si oui, de combien a combien ? ☐

40. Comment avez-vous utilisé ce revenu ? (par ordre d'importance) 1. Achat ou location d'un champ ☐ 2.achat du bétail ☐ 2.achat des semences ☐ 3.petit commerce ☐ 4.education des enfants 5.autres (préciser) ☐

41. Combien de personnes y a-t-il dans votre ménage ?

42. Combien de membres ayant une source de revenu dans votre ménage ?

43. Quel est votre revenu mensuel ?

44. Comment utilisez-vous votre revenu ? Achat des intrants agricoles ☐ frais scolaire des enfants ☐ achat des matériels agricoles ☐ achats des parcelles ; achat du bétail ☐ épargne ☐ achat des aliments du ménage location des champs ☐ Petit élevage ☐ soins de santé ☐

45. Avez-vous contracté un crédit pour faire face au choc ?1.oui ☐ 2.non ☐

Si oui, vous avez reçu combien ?

46. Comment avez-vous utilisez ce crédit ? 1=achat des semences 2=achat du bétail 3=achat ou location d'un champ, 4=petit commerce 5=achat d'une assurance 6= frais de scolarisation des enfants 7= autres (a préciser)

Section D : Stratégie d'adaptation

47. Quelle est la stratégie sur laquelle vous comptiez le plus pour vous aider à assurer votre survie entre les 2options ?1.strategie agricole 2.strategie non agricole

48. Quelles sont toutes les sources actuelles du revenu de votre ménage 1**.** Propre production 2. Vente de bétail 3. Travail salarié agricole 4. Petit commerce 5**.** Transferts 6. Aide 7. Autre (spécifier)

49. Parmi la stratégie choisie, quelle stratégie utilisée dans votre ménage pour faire face aux inondations ? 1. cultures maraichères 2.association des cultures 3.epargne 4.petit commerce

50. Quelle stratégie avez-vous utilisé pour obtenir plus de nourriture dans votre ménage ?

1. travail salarié 2.recu une aide 4. reçu des transferts 5. Envoyé les enfants travailler pour de l'argent 5. Obtention d'un crédit 6. Autres (préciser)

51. Qu'avez-vous fait pour protéger votre ménage de l'impact des chocs futurs

1. acquisition d'une assurance 2.creer des réseaux sociaux 3.diversification des activités agricoles 4.adhesion dans un groupe d'épargne 5.autres (à préciser)

52. En cas de la baisse du revenu, votre ménage fait quoi ?1.descolarisation des enfants 2.reduction de repas par jour 3. Obtention d'un crédit 4.Autres (préciser).