

bŷ Vulnérabilité aux cyclones et stratégies d'adaptation
Madagascar : cas du district de Morondava

Auteur : Leurbours, Suzette

Promoteur(s) : 3258

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes à l'ère de l'Anthropocène

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22279>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative" (BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'œuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-dessus (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ULiège- Faculté des Sciences- Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

**VULNÉRABILITÉ AUX CYCLONES ET STRATÉGIES D'ADAPTATION DES MÉNAGES
À MADAGASCAR : CAS DU DISTRICT DE MORONDAVA**



Village "Kivalo"



Maison traditionnelle faite de matériaux précaires

Suzette LEURBOURS

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER DE SPÉCIALISATION EN GESTION DES RISQUES ET DES CATASTROPHES À
L'ÈRE DE L'ANTHROPOCÈNE**

ANNÉE ACADEMIQUE 2024-2025

RÉDIGÉ SOUS LA DIRECTION DE : Yvon C. HOUNTONDJI

COMITÉ DE LECTURE :

Bernard TYCHON

Pierre OZER

Copyright

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de l'Université de Liège et de l'Université de Namur.

*L'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s) du personnel enseignant de l'Université de Liège et de l'Université de Namur.

Le présent document n'engage que son auteur.

Auteur du présent document : LEURBOURS Suzette ; leurboursuzette@gmail.com

Remerciements

Il m'est impossible de clore cette étape de mon apprentissage sans prendre le temps d'exprimer ma plus profonde et sincère gratitude à toutes les personnes et institutions qui y ont contribué par leur soutien, leur engagement et leur générosité.

Avant toute chose, j'adresse mes plus vifs remerciements au Seigneur. Je lui rends grâce pour le souffle de vie, de santé et tous ses bienfaits dans ma vie.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance au Dr Yvon C. HOUNTONDJI, promoteur de ce travail, pour son accompagnement constant. Ses conseils avisés, sa patience et ses encouragements m'ont permis de surmonter les défis rencontrés en cours de route.

Mes remerciements vont, également, à l'Académie de Recherche et d'Enseignement supérieur (ARES) dont le soutien financier a rendu cette formation possible. Grâce à cet appui, j'ai pu enrichir mes compétences et poser des bases solides pour la suite de ma carrière professionnelle.

Je suis particulièrement reconnaissante envers la coordination du master, le professeur Pierre OZER, la Dr Florence De LONGUEVILLE et M. Koufanou HIEN. Leur rigueur académique, leur engagement et leur bienveillance ont joué un rôle crucial dans la qualité de mon apprentissage.

Je ne saurais oublier de remercier les enquêteurs qui ont accepté de participer à cette étude. Leur implication, leur sérieux et leur dévouement ont été essentiels pour la collecte des données nécessaires à la réalisation de ce travail.

Mes sincères remerciements à Gratien KIKI pour son soutien et ses encouragements.

Mes pensées les plus affectueuses vont à mes parents, mes sœurs et mon frère. Merci pour votre amour inconditionnel, vos prières, vos sacrifices constants, votre soutien indéfectible et surtout votre présence rassurante dans les moments de doute.

Mes remerciements à toutes les personnes dont le soutien a compté, même si elles ne sont pas nommément citées.

Suzette LEURBOURS

Résumé

Madagascar est l'un des pays du continent africain les plus vulnérable aux cyclones. Bien que la quasi-totalité de son territoire soit touchée par les cyclones les régions de l'est, du nord-est et de l'ouest ont été les plus touchées. Cependant, ces dernières années, le sud du pays, notamment le district de Morondava, est de plus en plus touché par les cyclones. Ledit district subit de plein fouet les impacts dévastateurs des cyclones se manifestant par des décès, des déplacements, la destruction des infrastructures, des pertes agricoles et tant d'autres. Cette étude tente d'identifier et d'analyser les facteurs concourant à la vulnérabilité des ménages aux cyclones, d'estimer le niveau de vulnérabilité et d'analyser la variation spatiale de cette vulnérabilité au niveau des communes de Marofandilia et de Morondava qui présentent les caractéristiques dudit district. La méthodologie adoptée regroupe le développement d'un indice de vulnérabilité aux cyclones et l'application du test global de Moran pour mesurer l'autocorrélation spatiale entre les valeurs de vulnérabilité obtenues. Les résultats ont montré que la vulnérabilité des ménages résulte de l'interconnexion d'une pluralité de facteurs. Cependant, le test de cramer, effectué sur ces indicateurs, a montré que des facteurs tels que le sexe du chef de ménage, la qualité de l'habitat, la connaissance des ménages du risque cyclonique, leur niveau d'information et la connaissance et la mise en place des mesures adaptatives, influencent significativement la vulnérabilité des ménages aux cyclones. L'indice de vulnérabilité calculé varie de 0,29 à 0,70. Les ménages de Marofandilia présentent une vulnérabilité légèrement plus élevée par rapport à ceux de Morondava du fait d'une part de leur faible connaissance du risque cyclonique et d'autre part de leur dépendance à l'agriculture. L'indice de Moran ayant une valeur proche de zéro, soit 0,077, indique que les valeurs de vulnérabilités sont reparties de manière aléatoire, qu'elles ne suivent pas un schéma spatial particulier au niveau des ménages. Cette étude est une base pour comprendre la vulnérabilité des ménages aux cyclones. Cependant, pour mieux appréhender cette vulnérabilité, des recherches supplémentaires, intégrant les facteurs environnementaux et une analyse plus approfondie des systèmes de gestion des risques, doivent être entreprises.

Mots clés : Vulnérabilité, Cyclones, District de Morondava

Abstract

Madagascar is one of the most cyclone-prone countries on the African continent. Although almost the entire country is affected by cyclones, the eastern, northeastern and western regions have been the hardest hit. In recent years, however, the south of the country, particularly the Morondava district, has been increasingly affected by cyclones. This district is bearing the brunt of the devastating impact of cyclones, in the form of deaths, displacements, destruction of infrastructure, agricultural losses and so on. This study aims to identify and analyze the factors contributing to household vulnerability to cyclones, estimate the level of vulnerability and analyze the spatial variation of this vulnerability in the communes of Marofandilia and Morondava, which are characteristic of the district. The methodology adopted combines the development of a cyclone vulnerability index and the application of Moran's global test to measure the spatial autocorrelation between the vulnerability values obtained. The results showed that household vulnerability results from the interconnection of a few factors. However, the cramer test carried out on these indicators showed that factors such as the gender of the head of household, the quality of housing, households' knowledge of cyclone risk, their level of information and knowledge and implementation of adaptive measures, significantly influence household vulnerability to cyclones. The calculated vulnerability index ranges from 0.29 to 0.70. Households in Marofandilia are slightly more vulnerable than those in Morondava, partly because of their low level of knowledge of cyclone risk, and partly because of their dependence on agriculture. The Moran index, with a value close to zero (0.077), indicates that vulnerability values are randomly distributed, and do not follow a particular spatial pattern at household level. This study provides a basis for understanding household vulnerability to cyclones. However, to gain a better understanding of this vulnerability, further research, integrating environmental factors and a more in-depth analysis of risk management systems, needs to be undertaken.

Keywords: Vulnerability, Cyclones, Morondava District

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. Températures minimales et maximales de l'eau dans le canal du Mozambique | 11 |
| Figure 2. Répartition des répondants par : a) sexe, b) niveau d'instruction désagrégé par communes. | 20 |
| Figure 3. Statut matrimonial des ménages enquêtés | 21 |
| Figure 4. Distribution de : a) l'âge des chefs de ménage et b) la taille des ménages enquêtés | 21 |
| Figure 5. Type d'habitat des ménages enquêtés (a), désagrégé par commune (b) | 23 |
| Figure 6. Répartition des activités principales des chefs de ménage par commune a) et leur revenu moyen mensuel en Ariary b)..... | 23 |
| Figure 7. Expérience des ménages aux cyclones (a) et (b), perception des chefs de ménage de la fréquence des cyclones (c) et des facteurs de vulnérabilité (d) | 25 |
| Figure 8. Perception des ménages des impacts des cyclones (c) et de leur gravité (b) | 25 |
| Figure 9. Dispositions des ménages avant (a), pendant (b) et après le dernier cyclone vécu..... | 27 |
| Figure 10 : Résultats de l'indice de Moran..... | 29 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Nombre de répondants désagrégé par village | 14 |
| Tableau 2 : Interprétation du test de Cramer | 15 |
| Tableau 3. Indicateurs prises en compte dans la définition de l'indice de vulnérabilité | 17 |
| Tableau 4 : Distribution de l'âge des chefs de ménage et la taille des ménages enquêtés désagrégés par commune..... | 21 |
| Tableau 5. Distribution des distances par rapport aux écoles et soins de santé désagrégée par commune | 22 |
| Tableau 6. Distribution du revenu moyen mensuel selon l'activité principale des chefs de ménages... .. | 24 |
| Tableau 7. Participation des ménages aux actions collectives de prévention et perception de l'efficacité des mesures mises en place..... | 27 |
| Tableau 8. Statistiques descriptives de l'IVC calculé et niveau de vulnérabilité des ménages | 27 |
| Tableau 9 : Intensité de la relation des indicateurs entre la vulnérabilité des ménages aux cyclones... | 28 |

Liste des cartes

| | |
|--|----|
| Carte 1. Localisation de la zone d'étude | 10 |
| Carte 2 : Variation spatiale de la vulnérabilité des ménages | 29 |

Liste des annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1. Questionnaire conçu pour les entretiens semi-structurés avec les populations | 43 |
| Annexe 2. Effets de certaines caractéristiques sociodémographiques et économiques sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones | 47 |

Liste des sigles et abréviations

| | |
|---------------|---|
| BNGRC | Bureau National de Gestion des Risques de Catastrophes |
| CM | Chef de ménage |
| CRED | Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Catastrophes |
| DM | District de Morondava |
| EVI | Indice de vulnérabilité environnementale |
| IDMC | Internal Displacement Monitoring Centre |
| INSTAT | Institut National de la Statistique |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| IR | Indice de Résilience |
| IVC | Indice de vulnérabilité aux cyclones |
| Km | Kilomètre |
| OMM | Organisation Météorologique Mondiale |
| PAN | Programme d’Action National d’adaptation au Changement Climatique |
| PNUD | Programme des Nations Unies pour le Développement |
| PVI | Indice de Vulnérabilité Physique |
| SAP | Système d’alerte précoce |
| SoVI | Indice de vulnérabilité socio-économique |
| UNDRR | United Nations Office for Disaster Risk Reduction |
| UNICEF | Fonds des Nations Unies pour l’Enfance UNICEF |

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Remerciements | i |
| Résumé..... | ii |
| Abstract | iii |
| Liste des figures | iv |
| Liste des tableaux..... | v |
| Liste des cartes | vi |
| Liste des annexes | vi |
| Liste des sigles et abréviations..... | vii |
| CHAPITRE 0- INTRODUCTION | 1 |
| 0.1- Contexte et problématique | 1 |
| 0.2- Objectifs..... | 3 |
| 0.2.1- <i>Objectif général</i> | 3 |
| 0.2.2- <i>Objectifs spécifiques</i> | 3 |
| 0.3- Hypothèses de recherche..... | 3 |
| 0.4- Intérêts de l'étude..... | 3 |
| 0.5- Limites de l'étude | 3 |
| CHAPITRE I- ÉTAT DE L'ART | 5 |
| 1.1- Vulnérabilité aux cyclones et facteurs contributifs..... | 5 |
| 1.2- Évaluation de la vulnérabilité aux cyclones..... | 6 |
| 1.3- Gestion des risques et des catastrophes à Madagascar | 8 |
| 1.4- Synthèse analytique | 9 |
| CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES | 10 |
| 2.1- Présentation de la zone d'étude..... | 10 |
| 2.1.1- <i>Cadre géographique</i> | 10 |
| 2.1.2- Cadre climatique..... | 10 |
| 2.1.2.1- Précipitations | 10 |
| 2.1.2.2- Température..... | 11 |
| 2.3- <i>Cadre physique</i> | 11 |
| 2.3.1- Hydrogéologie | 11 |
| 2.3.2- Faune et flore | 11 |
| 2.3.3- Sols | 12 |
| 2.4- <i>Cadre socio-économique</i> | 12 |
| 2.2- Données de l'étude..... | 12 |

| | |
|--|----|
| 2.3- Méthodologie | 13 |
| 2.3.1- <i>Recherche documentaire</i> | 13 |
| 2.3.2- <i>Visite exploratoire</i> | 13 |
| 2.3.3- <i>Collecte de données</i> | 13 |
| 2.3.3.1- Échantillonnage | 13 |
| 2.3.4- <i>Traitement et analyse des données</i> | 14 |
| 2.3.4.1- Estimation de la vulnérabilité aux cyclones | 15 |
| 2.3.4.1.1- Choix des indicateurs..... | 15 |
| 2.3.4.1.2- Classification de la vulnérabilité aux cyclones..... | 16 |
| 2.3.4.2- Variation spatiale de la vulnérabilité | 16 |
| CHAPITRE III. RÉSULTATS | 20 |
| 3.1- Facteurs contribuant à la vulnérabilité des ménages des communes étudiées face aux cyclones | 20 |
| 3.1.1- <i>Caractéristiques sociodémographiques</i> | 20 |
| 3.1.2- <i>Caractéristiques économiques</i> | 23 |
| 3.1.3- <i>Perception des ménages des risques cycloniques</i> | 24 |
| 3.1.3.1- Expérience antérieure des cyclones | 24 |
| 3.1.3.2- Impacts des cyclones | 25 |
| 3.1.4- <i>Stratégies d'adaptation</i> | 26 |
| 3.2- Estimation de la vulnérabilité des ménages aux cyclones | 27 |
| 3.3- Variation spatiale de la vulnérabilité des ménages aux cyclones | 28 |
| CHAPITRE IV. DISCUSSIONS | 30 |
| 4.1- Facteurs contribuant à la vulnérabilité des ménages des communes étudiées face aux cyclones | 30 |
| 4.1.1- <i>Caractéristiques sociodémographiques</i> | 30 |
| 4.1.2- <i>Caractéristiques économiques</i> | 31 |
| 4.1.3- <i>Perception des ménages des risques cycloniques</i> | 32 |
| 4.1.4- <i>Stratégies d'adaptation</i> | 32 |
| 4.2- Évaluation de la vulnérabilité aux cyclones..... | 33 |
| 4.3- Variation spatiale de la vulnérabilité des ménages aux cyclones | 34 |
| CHAPITRE V. CONCLUSION | 35 |
| VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 37 |
| VIII. Annexes..... | 43 |

CHAPITRE 0- INTRODUCTION

0.1- Contexte et problématique

Les cyclones représentent l'un des aléas météorologiques les plus courants affectant les populations et écosystèmes vulnérables des zones côtières (Siddik *et al.*, 2024 ; Chen *et al.*, 2020 ; Walsh *et al.*, 2019). Selon Kunze (2021) et Lee *et al.* (2020), ils sont particulièrement débilitants en raison de leurs effets dévastateurs sur la vie humaine, l'économie et l'environnement. En effet, les cyclones sont à la base de pertes en vies humaines et de dommages économiques importants résultant des vents violents, des pluies intenses et abondantes qu'ils engendrent. Selon les données du Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Catastrophes (CRED), de 2000 à 2024 les cyclones ont causé, à travers le monde, environ 250 000 décès et des dommages estimés à 1 842 milliards de dollars US. En outre, des recherches ont montré que les perturbations cycloniques sont susceptibles d'impacter considérablement : i) la santé humaine par la perturbation des systèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement, par des blessures et les troubles psychologiques qui s'ensuivent (Rivett *et al.*, 2022 ; Bozick, 2021), ii) les moyens de subsistance des populations locales (Sen *et al.*, 2023 ; Ghosh *et al.*, 2023 ; Sydnor *et al.*, 2017) et iii) l'aménagement et le mode d'utilisation des terres affectant ainsi l'équilibre écologique et économique des régions touchées (Charrua *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2021). Alors que les effets mondiaux du changement climatique sont de plus en plus prononcés, les conséquences des catastrophes naturelles liées aux cyclones s'amplifient également.

Des études ont montré que la fréquence et l'intensité des cyclones (vents plus forts et précipitations plus intenses) risquent d'augmenter en raison du réchauffement planétaire (Weiskopf *et al.*, 2021). Cela contribuerait, sans nul doute, à exacerber leurs impacts déjà considérables. Les recherches menées par Jones *et al.* (2022) ; Mendelsohn *et al.* (2012) ont prouvé que depuis les années 1970 les décès et dommages associés aux cyclones sont en hausse partout, mais en particulier dans les pays en développement. Ces derniers, caractérisés par un accès limité des populations aux ressources économiques et des conditions de vie précaires, sont les plus vulnérables aux cyclones (Hamidi *et al.*, 2020 ; Chejarla *et al.*, 2016). Situé au sud-ouest de l'océan Indien, Madagascar n'en est pas épargné. Cet état insulaire est fréquemment touché par les cyclones exacerbant les défis économiques et sociaux auxquels il fait face.

Chaque année pendant la saison cyclonique s'étendant de novembre à avril, trois à quatre cyclones sont susceptibles de toucher la quasi-totalité du territoire malgache (Randrianarivelo, 2021 ; Weiskopf *et al.*, 2021 ; Rakotoarison *et al.*, 2021). En 2017, le cyclone Enawo a touché 14 des 22 régions de cet état insulaire (USAID, 2018) et en 2023 Cheneso en a affecté 17. Globalement, les répercussions des cyclones se traduisent fréquemment, à Madagascar, par un grand nombre de sinistrés, de migrations, de décès et de dommages économiques (Lemena *et al.*, 2021). Selon le CRED, de 2000 à 2024, 49 cyclones tropicaux ayant provoqué environ 5 000 décès et des pertes économiques estimées à 2 milliards de dollars US y ont été enregistrés. Cependant, rien que pour l'année 2016, le rapport de la Banque Mondiale a montré que les dommages directs annuels attribuables aux cyclones sont estimés à environ 87 millions de dollars qui représentent 86% des pertes directes totales dues aux catastrophes naturelles.

En ce qui concerne les déplacements internes liés aux cyclones, le bilan est tout aussi conséquent. Selon Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC), les cyclones tropicaux ont provoqué entre 2015 et 2023 le déplacement d'environ 777 284 personnes. Le cyclone Chenesso, à lui seul, a provoqué la migration d'environ 34 000 personnes (ECHO, 2023).

Outre ces dommages, les vents violents et inondations associés aux cyclones engendrent des pertes de surfaces agricoles et de récoltes et une réduction de la couverture forestière notamment celle des mangroves jouant un rôle de protection contre les cyclones. En 2009, le cyclone Fanele a, selon Lewis et Bannar-Martin (2011), endommagé plus de 95% de la végétation du parc national Kirindy Mitea. En outre, le passage d'un cyclone représente, pour la population malgache, un évènement déstabilisant perturbant significativement son quotidien (Michel *et al.*, 2020).

Selon Cattiaux *et al.* (2020) et Mavume *et al.* (2010), les régions de l'est, du nord-est et de l'ouest ont été les plus touchées par les cyclones, mais à ce jour on constate un déplacement des cyclones vers le sud, particulièrement le district de Morondava. Sur les 49 cyclones tropicaux ayant touché le pays, ledit district a été affecté par 15 d'entre eux. Entre janvier et mars 2023, deux cyclones, Cheneso et Freddy, ont affecté le district de Morondava. Le cyclone Freddy a traversé le district de Morondava pendant cinq semaines en février et mars 2023 (United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), 2024). Tout comme sur l'ensemble du territoire, les cyclones sont à l'origine de pertes d'infrastructures sociales et économiques essentielles, de matériel de pêche, de bétail et de cultures (OCHA, 2023). En janvier 2024, le cyclone Alvaro a provoqué 10 décès, affecté près de 26 000 personnes, 214 habitations détruites et 426 maisons endommagées. En outre, il a perturbé la circulation routière avec des routes coupées et des ponts endommagés rendant ainsi plus difficile l'accès aux personnes touchées.

Des efforts significatifs en matière de gestion des risques cycloniques ont été consentis par le gouvernement malgache en collaboration avec des organismes et partenaires internationaux. En effet, des mesures visant à renforcer la résilience des communautés aux cyclones ont été mises en place. Ces mesures regroupent entre autres : des activités de reboisement, protection et restauration des forêts de mangroves, l'éducation et la sensibilisation communautaire aux risques cycloniques ainsi que le renforcement et la réhabilitation de certaines infrastructures afin de les rendre plus résistantes aux cyclones (UNDRR, 2024 ; Barnes, 2022 ; Tsipy et Blue ventures, 2021), iv) la mise en place d'un système d'alerte précoce cyclones et inondations, v) l'élaboration de plan de contingence et vi) le Programme d'Action nationale d'adaptation au Changement Climatique (PAN). Toutefois, les cyclones ne cessent d'affecter le pays et surtout de fragiliser son économie déjà précaire.

Pour accroître la résilience des communautés face aux futurs évènements cycloniques qui selon les projections scientifiques seront probablement plus fréquents et intenses, il est impératif de comprendre les facteurs de vulnérabilité entrant en jeu. Cette approche devra permettre d'évaluer au mieux les risques qui y sont associés et, ainsi, adapter les mesures de gestion et solutions durables aux réalités locales (Poompavai et Ramalingam, 2012). Cela est d'autant plus crucial dans le district de Morondava, où les recherches sur les facteurs contribuant à la vulnérabilité aux cyclones, la cartographie des risques cycloniques reste limitée malgré leurs impacts significatifs. C'est dans ce contexte que

s'inscrit cette recherche qui vise à apporter une contribution substantielle à l'évaluation des risques cycloniques dans ledit district. Elle se propose de répondre aux questions de recherche suivantes : *quels sont les facteurs contribuant à accroître la vulnérabilité de la population aux cyclones dans le district de Morondava ? À quel niveau les communes du district sont-elles vulnérables aux cyclones ? Comment varie cette vulnérabilité au sein d'une commune ?*

0.2- Objectifs

0.2.1- Objectif général

L'objectif de cette étude est d'analyser les éléments contribuant à la vulnérabilité des communautés du district de Morondava aux cyclones afin de proposer des améliorations aux mesures adaptatives existantes face aux cyclones.

0.2.2- Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, elle cherche à :

- Identifier les facteurs concourant à la vulnérabilité des communes aux cyclones ;
- Estimer le niveau de vulnérabilité des ménages aux cyclones ;
- Analyser la variation spatiale de la vulnérabilité.

0.3- Hypothèses de recherche

H1 : Les caractéristiques sociodémographiques comme le sexe du chef de ménage, la qualité de l'habitat influencent fortement la vulnérabilité aux cyclones.

H2 : La commune de Marofandilia est plus vulnérable aux cyclones que celle de Morondava.

H3 : Les valeurs similaires de vulnérabilité sont regroupées au niveau des deux communes. Il existe alors une autocorrélation spatiale positive.

0.4- Intérêts de l'étude

L'intérêt de cette étude réside dans la compréhension des facteurs de vulnérabilité de la population du district de Morondava face aux cyclones. En analysant les éléments qui contribuent à la vulnérabilité aux cyclones, ce travail de recherche devra permettre de faire des propositions de solutions durables conformément aux réalités locales et réduire les risques de catastrophes dus aux cyclones. Aussi, il cherche à fournir des données pouvant : contribuer à sensibiliser la population dudit district sur les risques cycloniques, servir d'aide à la prise de décision et au développement d'approche intégrée de gestion des cyclones, contribuer à combler les lacunes existantes dans la recherche sur les cyclones à Morondava et servir de base pour des recherches futures.

0.5- Limites de l'étude

L'analyse des facteurs de vulnérabilité permet de prévoir l'ampleur des dommages et dégâts potentiels en fournissant une mesure quantitative de l'exposition des éléments et une mesure qualitative de la capacité de réponse d'un individu ou d'un groupe confronté à un aléa quelconque (Thouret et D'Ercole, 2015). Cette étude s'est basée sur une approche empirique des évènements déjà produits et associés aux données collectées sur le terrain.

Ce travail s'est concentré sur la définition d'un indice de vulnérabilité aux cyclones prenant en compte qu'un certain nombre de facteurs. D'autres, tels que les facteurs environnementaux n'ont pas

été pris en compte. Certains villages n'ont pas été considérés en raison de leur inaccessibilité. En outre, le système de gestion des risques et catastrophes liés aux cyclones dans le district de Morondava n'a pas été analysé. Il se peut que cet indice soit mal défini. En ce sens, des études supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la fiabilité de l'évaluation de la vulnérabilité.

CHAPITRE I- ÉTAT DE L'ART

1.1- Vulnérabilité aux cyclones et facteurs contributifs

Le concept de vulnérabilité se réfère à la capacité d'un système donné, d'une communauté, ou d'un individu à être affecté lorsqu'un aléa naturel ou anthropique survient ainsi que sa faculté de récupération (Taïbi *et al.*, 2017). Dépendant de plusieurs facteurs tels que l'exposition, la sensibilité et la capacité de réponse, ce concept est appliqué dans divers domaines d'études (les catastrophes, le développement durable, la croissance urbaine, etc.). Des recherches ont révélé que les facteurs de vulnérabilité sont hétérogènes et présentent des différences significatives d'un pays à un autre en raison des spécificités locales et contextuelles (FERDI et BAD, 2021).

En ce qui concerne Madagascar, la vulnérabilité aux cyclones est le résultat de l'interaction de divers facteurs. L'étude réalisée par Rakotoarison *et al.* en 2021, portant sur 22 régions du pays, a mis en évidence que des facteurs sociodémographiques, tels que les caractéristiques des logements des ménages et leur localisation par rapport aux côtes et l'accessibilité des ménages aux infrastructures de santé, influencent la vulnérabilité aux cyclones. Pour ce qui est des caractéristiques du logement, l'étude a révélé que le type de matériaux utilisés pour la construction et le non-respect des normes techniques contribuent à accroître la vulnérabilité du ménage aux cyclones. En utilisant des matériaux précaires tels que le bois, la terre battue et la paille non résistants aux vents violents et aux fortes pluies, le ménage est plus exposé aux risques cycloniques. Il l'est davantage s'il se trouve à proximité des côtes. Par ailleurs, cette même étude a souligné que le manque d'accès aux infrastructures de santé joue un rôle important sur la vulnérabilité aux cyclones. Selon les auteurs, ces infrastructures sont souvent considérées comme des centres d'information essentielle sur les mesures de prévention et de préparation aux cyclones. Aussi, l'absence de telles infrastructures rend plus difficile la réponse d'urgence en cas de catastrophe cyclonique. En outre, une étude réalisée par Armah *et al.* (2018) a montré que le manque d'accès aux infrastructures de santé, d'éducation et d'assainissement augmente les risques post-cycloniques et exacerbe les facteurs socio-économiques notamment la pauvreté et la migration forcée des communautés. Ces infrastructures sont cruciales non seulement pour la prévention et la préparation, mais aussi pour la gestion des conséquences après le passage des cyclones, contribuant ainsi à la résilience des populations face aux aléas climatiques. Cette même étude tout comme celle de Harvey *et al.* (2014) a montré que le manque d'infrastructures routières exacerbe également la vulnérabilité aux cyclones en limitant la capacité des populations à quitter les zones à risque et à accéder aux abris d'urgence.

Les études menées par Bryan *et al.* (2009) et Ziervogel *et al.* (2006) ont révélé que les chefs de ménage ayant un faible niveau d'instruction et un taux d'alphabétisation relativement bas sont plus vulnérables aux cyclones. Ces ménages ont un accès restreint aux informations et éprouvent beaucoup de difficultés à adopter des stratégies d'adaptation. En effet, selon les auteurs leur capacité à planifier et mettre en œuvre des mesures adaptatives de manière proactive et efficiente est considérablement limitée. En outre, un faible niveau d'instruction est souvent corrélé à des opportunités d'emploi limitées et à une faible diversification des sources de revenus comparativement à un chef de ménage dont le niveau

d'instruction est plus élevé. On peut conclure que ces ménages se trouvent dans une position économique plus précaire les rendant d'autant plus vulnérables aux impacts des cyclones.

D'autres facteurs tels que des facteurs environnementaux notamment la dégradation des mangroves influencent la vulnérabilité aux cyclones. Cela a été démontré par une étude portant sur la dynamique écologique des mangroves urbaines et périurbaines de l'ouest de Madagascar à Antsohihy et Morondava réalisée par Ranaivojaona et Ranarivojoana (2021). Cette étude et celle de Suzzi-Simmons (2023) ont révélé que ces écosystèmes, servant de barrière naturelle contre les cyclones et contribuant à la stabilisation des côtes, sont soumis à une exploitation massive qui contribue à leur dégradation. Les résultats ont montré que la fréquence et l'intensité des inondations pendant les cyclones ont augmenté avec la dégradation de ces écosystèmes. En outre, les mangroves servent d'habitat pour certaines espèces marines notamment les crevettes et les crabes constituant une source de revenus pour les communautés locales. Leur dégradation perturbe les moyens de subsistance de ces communautés ce qui les rend économiquement plus vulnérables aux cyclones. Des études réalisées par Rakotoarison *et al.* (2021) ; Harvey *et al.* (2014) ont révélé que les ménages disposant de faibles moyens économiques sont particulièrement vulnérables aux cyclones. Leurs contraintes financières les empêchent d'investir adéquatement dans la protection, la préparation et la prévention contre les cyclones. Cette étude a également mis en lumière que les ménages dont les moyens de subsistance dépendent des ressources naturelles telles que l'agriculture et la pêche sont plus impactés par les cyclones, car ces derniers perturbent leurs sources de revenus. De plus, selon les auteurs, ces ménages ont une récupération limitée après les chocs cycloniques.

En somme, les facteurs de vulnérabilité aux cyclones à Madagascar sont étroitement interconnectés créant ainsi un cycle destructeur pour les ménages. Des facteurs comme l'insuffisance de ressources financières et d'infrastructures limitent la préparation et l'adoption des mesures adaptatives. Cela est aggravé par un faible niveau d'instruction qui restreint l'accès aux informations. Chaque facteur de vulnérabilité renforce l'autre créant un cercle vicieux qui accroît la précarité de la population malgache face aux cyclones. De plus, le réchauffement planétaire risque d'exacerber ces vulnérabilités. Selon Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014), les secteurs tels que l'agriculture, la pêche, les transports, la santé, etc. sont particulièrement sensibles aux risques posés par l'augmentation des températures et la montée du niveau de la mer qui induisent des changements dans la fréquence et la gravité des cyclones.

1.2- Évaluation de la vulnérabilité aux cyclones

Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sont variées et incluent des approches multidimensionnelles. Il existe des méthodes qualitatives, quantitatives, cartographiques et des méthodes basées sur les modèles climatiques. Cependant, il est constaté qu'une grande partie de la recherche sur la vulnérabilité aux cyclones repose sur des évaluations qualitatives basées sur des témoignages et des interviews permettant de comprendre les expériences et la perception des communautés du risque et les stratégies d'adaptation adoptées (Mallick *et al.*, 2011). Selon Aksha *et al.*, 2019, il est constaté un intérêt croissant pour l'évaluation de la vulnérabilité des populations aux

cyclones par une approche empirique. Cette vulnérabilité est souvent mesurée à l'aide d'indices tels que :

- le Cyclone Vulnerability Index (CVI) intégrant des facteurs comme la fréquence des cyclones, la densité de la population et les caractéristiques socio-économiques, l'accessibilité aux infrastructures de santé et de secours, la proximité des côtes et l'élévation du terrain (*Rahman et al., 2023 ; Patri et al., 2022*) ;
- l'indice de vulnérabilité socio-économique (SoVI) (*Cutter et al., 2003*) qui mesure la vulnérabilité des communautés en intégrant des variables socio-économiques et démographiques telles que l'âge, le sexe, la composition du ménage, le niveau d'éducation, le revenu, la propriété de maison et le type de logement. Cette méthode utilise plus de 200 variables ;
- l'indice de vulnérabilité environnementale (EVI) évaluant la vulnérabilité environnementale en tenant compte des facteurs écologiques et de la dégradation environnementale comme la qualité de l'air et de l'eau, la déforestation et l'utilisation des terres, la biodiversité et la santé des écosystèmes, l'érosion des sols et du littoral ;
- l'Indice de Résilience (IR) dont les variables utilisées sont la préparation communautaire et les plans d'urgence, l'accès aux ressources et service de secours, les réseaux sociaux et la cohésion communautaires, les politiques et investissements en réduction des risques et catastrophes ;
- l'Indice de Vulnérabilité Physique (PVI) évaluant la vulnérabilité des infrastructures et des bâtiments aux cyclones. Les variables utilisées sont, entre autres, la qualité et le type de construction des bâtiments, la résistance des infrastructures aux vents et inondations, la localisation et l'exposition des infrastructures critiques ;
- l'indice de vulnérabilité multidimensionnelle combinant le CVI, le SoVI, l'EVI et le PVI (*Rahman et al., 2023 ; Patri et al., 2022*).

À Madagascar, les études consacrées à l'évaluation de la vulnérabilité aux cyclones se concentrent majoritairement aux exploitations agricoles alors que celles traitant des ménages sont relativement peu nombreuses. Les études examinant la vulnérabilité des ménages abordent divers types de risques d'une manière globale. Il peut s'agir : des risques liés à l'environnement tels que les inondations, la sécheresse, et les cyclones, ainsi que des risques sanitaires enfin des risques liés à l'agriculture. Les approches méthodologiques adoptées dans les recherches sur la vulnérabilité aux cyclones sont principalement de nature cartographique alors que celles traitant de la vulnérabilité aux ménages combinent des approches cartographiques et participatives. Les études menées par *Lemena et al. (2021)* et *Harvey et al. (2014)* ont adopté une méthode participative (enquêtes détaillées et groupe de discussion) facilitant la compréhension des connaissances des communautés sur les risques notamment ceux associés aux cyclones et les savoirs traditionnels. Aussi, elle a également contribué au renforcement de leurs capacités à identifier les risques associés à un aléa quelconque.

Otto et al. (2022) ont conçu un modèle de vulnérabilité à la sécurité climatique permettant de cartographier la vulnérabilité du pays au Changement Climatique en particulier l'augmentation des précipitations associées aux cyclones. Ce modèle combinant des données climatiques, socio-économiques et environnementales a fourni une évaluation précise des risques associés au changement

climatique. Aussi, il a permis de comprendre les dynamiques locales et faire la prévision des dommages. Outre ce modèle climatique, un indice de vulnérabilité au changement climatique prenant en compte de dimensions économiques, sociales et physique a été développé en 2021 par FERDI et BAD. Cet indice mesure l'ampleur de divers chocs tels que les cyclones et l'exposition ou la sensibilité de la population à ces chocs. Aussi, cette étude a évalué l'évolution de la vulnérabilité.

Bien que les recherches sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones à Madagascar soient limitées, celles qui existent offrent une perspective globale sur les différents types de risques auxquels les ménages sont confrontés, et adoptent des approches méthodologiques diversifiées pour mieux comprendre et atténuer ces vulnérabilités.

1.3- Gestion des risques et des catastrophes à Madagascar

La Gestion des Risques et des Catastrophes (GRC) à Madagascar mobilise plusieurs acteurs à tous les échelons, du national au local (Bureau national de Gestion des Risques de Catastrophes (BNGRC) *et al.*, 2018). À l'échelle nationale, on retrouve :

- La Direction Générale de la Météorologie (DGM) responsable de l'observation, la surveillance et la prévision des conditions météorologiques et ainsi de l'émission des avis de vigilance météorologique ;
- La BNGRC, organe central de coordination pour la préparation aux urgences et les réponses humanitaires. Il traduit les avis de vigilance en message d'alerte ;
- Le ministère de l'Intérieur qui supervise le BNGRC et joue un rôle crucial dans la coordination des actions de gestion des risques et des catastrophes ;
- Les forces de l'ordre impliquées dans les opérations de secours et les médias (publics et privés) chargés de la diffusion des messages d'alerte et de sensibilisation à la population ;
- Des organisations partenaires telles que l'Organisation des Nations unies (ONU) et des partenaires techniques et financiers (l'OMM, la Banque Mondiale, l'Organisation Mondiale de la Santé, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), etc.).

Au niveau local soit dans le District de Morondava, on trouve :

- la préfecture de la région de Menabe, le chef du district de Morondava et les maires responsables de l'exécution des plans d'interventions en fonction des alertes reçues. Ils coordonnent les actions locales avec les services décentralisés et les partenaires ;
- les services techniques déconcentrés travaillant en collaboration avec les autorités locales pour l'implémentation des mesures de préparation et de réponse aux catastrophes ;
- les chefs des villages et les leaders traditionnels jouant un rôle prépondérant dans la transmission des consignes et alertes à la population.

Le système d'alerte précoce cyclone-inondation utilise divers canaux pour la diffusion de l'alerte incluant les emails, les SMS, les sirènes, les drapeaux (vert, jaune, rouge, bleu), le système porte-à-porte et la presse (parlée et écrite). La GRC repose encore sur les mesures réactives pour sauver des vies humaines et aider les victimes dans leur relèvement.

1.4- Synthèse analytique

Les études existantes mettent en lumière l'interconnexion des différents facteurs contribuant à la vulnérabilité aux cyclones à Madagascar. Cependant, ces études sont pour la plupart fragmentaires, ne touchent pas toutes les régions du pays et ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs socio-économiques, environnementaux et institutionnels influençant cette vulnérabilité. Certaines zones, notamment le district de Morondava, nécessitent une exploration plus approfondie pour comprendre les dynamiques de la vulnérabilité des ménages aux cyclones. Cette lacune dans la recherche pourrait constituer un facteur limitant à l'élaboration et la mise en place de stratégies de préparation, de prévention et d'adaptation efficaces et inclusives (Rahman *et al.*, 2023). Ces stratégies sont d'une importance capitale pour améliorer la résilience des populations locales face aux cyclones. Aussi, des recherches sur l'impact des politiques publiques et des cadres de gouvernance sur la vulnérabilité aux cyclones sont nécessaires pour identifier les leviers d'action d'efficace.

Un SAP performant doit respecter dix (10) principes de base (Tychon, 2023). Se basant sur ces principes, on peut dire que le SAP cyclone présente des forces et des faiblesses. En effet, comme point fort on peut souligner :

- La reconnaissance politique et les lois, notamment la loi n°2015-031, montrent un engagement gouvernemental fort envers la gestion des risques et des catastrophes. Ce cadre fournit une base légale claire pour les interventions et assure une allocation budgétaire bien qu'elle soit limitée ;
- Les rôles des différents acteurs, notamment la DGM, le BNGRC et les autorités locales, sont bien définis. Ce qui favorise une coordination efficace et minimise les chevauchements de responsabilités ;
- L'intégration de technologies de surveillance météorologique (station synoptique) et de divers canaux de communication assure une diffusion relativement large des informations et des alertes ;
- Les programmes de formation et de sensibilisation existants renforcent la préparation des communautés locales ;
- L'implication des communautés locales à un certain niveau dans le processus d'alerte facilite leur compréhension des alertes. Cette approche décentralisée renforce la résilience locale.

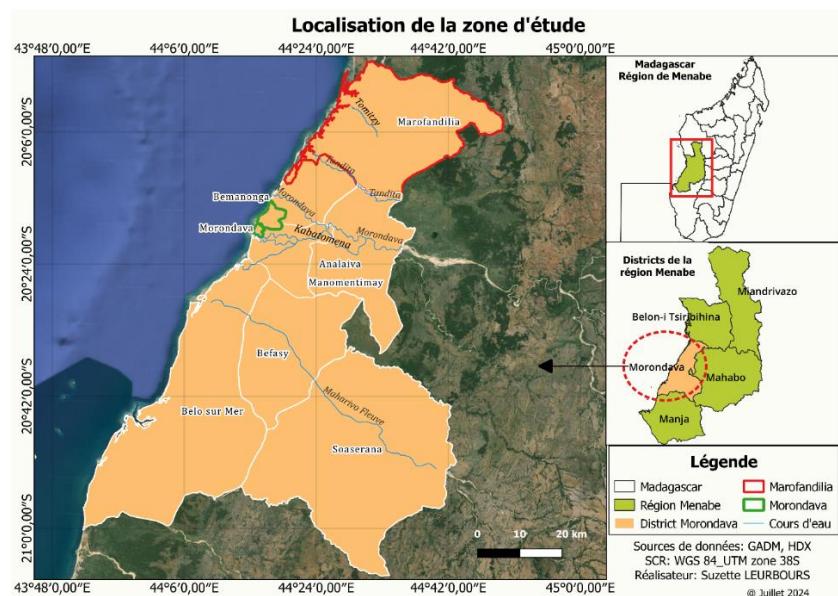
Cependant, le manque de ressources financières et matérielles limite la performance du SAP. Les zones rurales isolées ne sont pas couvertes par le SAP ce qui limite la préparation et la réaction des ménages aux alertes. Le système actuel peut manquer de flexibilité pour s'adapter rapidement aux changements dans la nature des risques ou aux leçons tirées des évènements passés. En effet, le mécanisme de feedback au niveau de la population est limité. Le feedback devrait être intégré et continu pour évaluer l'efficacité des réponses aux alertes et apporter des améliorations basées sur les expériences passées. En outre, les campagnes de sensibilisation et d'entraînement se font que pendant la saison cyclonique ce qui limite la préparation des communautés aux cyclones.

CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1- Présentation de la zone d'étude

2.1.1- Cadre géographique

Le district de Morondava (DM) est situé sur la côte ouest de Madagascar dans la région de Menabe. Il est borné au nord par le district de Belon Tsiribihina, au sud par celui de Manja, à l'ouest par le canal du Mozambique et à l'est par le district de Mahabo (Carte 1). Le district s'étend sur 5 691 km² et comprend au total 95 fokontany¹ repartis autour de huit (08) communes dont Morondava, Belo sur mer, Befasy, Manomentimay, Bemanonga, Marofandilia, Soaserana et Analaina. Dans le cadre de la présente étude, les communes de Marofandilia et Morondava ont été considérées du fait qu'elles sont représentatives des réalités dudit district (UN Habitat, 2016). Cela permettra, en les analysants, de se faire un bon portrait des risques auxquels le district fait face, dont le risque cyclonique.



Carte 1. Localisation de la zone d'étude

Le relief du DM est principalement plat ce qui la rend particulièrement vulnérable aux inondations provoquées par les cyclones. Il se trouve à une altitude moyenne de 20 mètres au-dessus du niveau de la mer (<https://www.pnae.mg/tbe/region-menabe.html>).

2.1.2- Cadre climatique

2.1.2.1- Précipitations

Le DM est caractérisé par un climat tropical semi-aride. On y distingue deux saisons, dont une saison pluvieuse, durant laquelle les cyclones sont fréquents, allant de novembre à avril et une saison sèche allant de mai à octobre (Randriamahefason et Reason, 2017). Les mois les plus humides sont les mois de janvier, février, décembre et mars avec respectivement 345, 276 et 310 mm de pluies. Les mois

¹ Village traditionnel malgache

les plus secs sont juillet et juin ou les précipitations sont de l'ordre de moins de 2 mm ([Climate-data.org](#), consulté le 17 juillet 2024).

2.1.2.2- Température

Au niveau dudit district, les mois les plus chauds de l'année sont novembre et décembre avec respectivement 31,7 et 31,3 °C. En revanche, les plus froids sont juillet (19,2 °C) et août (19,8 °C). La température moyenne annuelle de l'eau dans le canal du Mozambique oscille autour de 27,5 °C (Climate-data, consulté le 17 juillet 2024). Durant les mois de janvier, février et mars, la température maximale est autour de 28 °C ce qui indique des conditions très favorables pour la formation et l'intensification des cyclones tropicaux. En effet, l'un des critères de formation des cyclones est une température supérieure à 26 °C sur une profondeur d'eau au moins 50 mètres (Rajasree *et al.*, 2023). Cela traduit la vulnérabilité des zones côtières bordant le canal du Mozambique aux cyclones et actions conjuguées. La Figure 1 présente les températures maximales et minimales mensuelles de l'eau dans le canal du Mozambique.

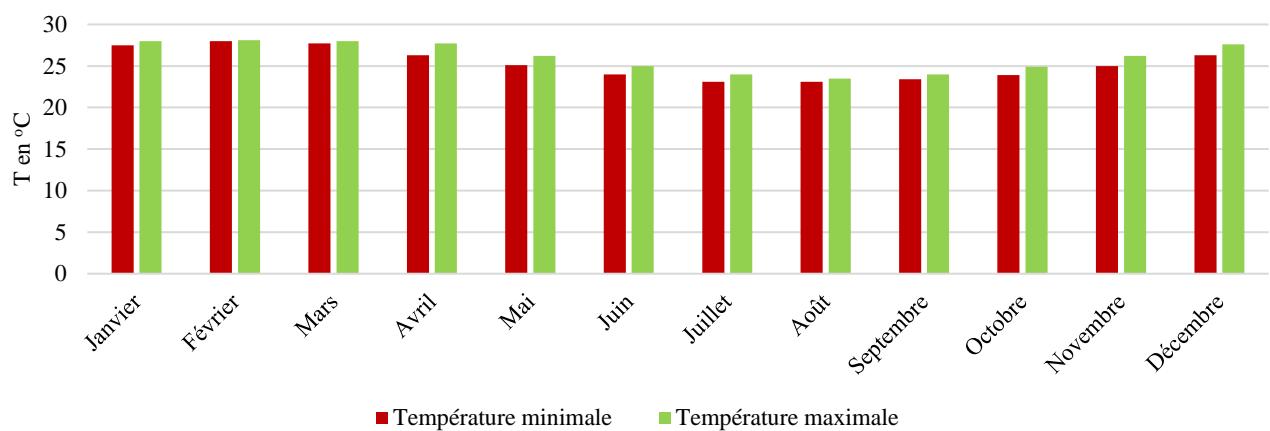


Figure 1. Températures minimales et maximales de l'eau dans le canal du Mozambique

Source : [Climate-data.org](#) (consulté le 17 juillet 2024)

2.3- Cadre physique

2.3.1- Hydrogéologie

Le DM se trouve dans le bassin versant de la rivière Morondava qui s'étend sur une superficie de 6 824,2 km² (<https://www.pnae.mg/tbe/region-menabe.html>). De nombreux cours d'eau, dont les rivières Tandita et Tomitzy, drainent la commune de Marofandilia. Celle de Morondava, quant à elle, est drainée par la rivière Morondava et ses principaux affluents, dont Kabatomena (Carte 1).

Pendant la saison cyclonique, ces cours d'eau peuvent atteindre des niveaux exceptionnellement élevés entraînant, ainsi, des inondations. En plus de ces inondations, les fokontany côtiers des communes de Morondava et Marofandilia sont très exposés aux risques d'inondation par submersion marine.

2.3.2- Faune et flore

Le DM est caractérisé par une riche biodiversité végétale composée de savanes arbustives, de forêts de mangroves et de réserves naturelles telles que la réserve spéciale d'Andranomena localisée à Marofandilia et le parc national de Kirindy à Belo sur mer. On y trouve sept espèces différentes de

baobabs (CREAM, 2013). Il abrite également une biodiversité animale avec des espèces endémiques, dont les lémuriens.

Cependant, cette biodiversité est confrontée à de nombreux problèmes notamment la dégradation des écosystèmes forestiers et la menace de disparition de certaines espèces endémiques. Les forêts de mangroves, essentielles à la protection de la biodiversité et jouant un rôle essentiel de barrière contre les cyclones tropicaux et l'érosion du littoral, sont de plus en plus dégradées (Ranaivojaona et Ranarijoana, 2021 ; Weiskopf *et al.*, 2021).

2.3.3- Sols

Le district de Morondava repose sur un complexe de sols ferrugineux tropicaux et peu évolués caractérisés par une faible perméabilité. Ces sols subissent les effets de l'érosion aggravés par l'inondation, la déforestation et l'urbanisation informelle liées particulièrement aux constructions dans les zones inondables et les activités humaines (CREAM, 2013).

2.4- Cadre socio-économique

D'après les données du recensement de 2018 de l'Institut National de la Statistique (INSTAT), la population du district de Morondava est de 167 548 habitants, avec plus de 35 000 ménages et une densité de 29,60 Habitants/km². La population fait face à une dynamique d'évolution influencée par des facteurs d'ordre sociodémographiques, économiques, environnementaux et politiques. Dans le DM, la commune la plus peuplée est celle de Morondava, capitale du district.

L'économie locale repose principalement sur l'agriculture, l'élevage (bovins et volaille), la pêche, l'artisanat et le tourisme (INSTAT, 2020). La production agricole est soutenue par la riziculture, et les cultures vivrières et céréalières. En ce qui concerne la pêche, les produits sont majoritairement destinés à l'exportation (INSTAT, 2020).

Selon ce même auteur, dans la région de Menabe, la proportion de personnes sans emploi et n'ayant jamais travaillé est entre 3,1 et 4%. Dans ce groupe, les femmes et les jeunes sont les plus nombreux. En effet, selon les réalités malgaches, l'insertion des femmes dans l'activité économique est réduite du fait de la vision patriarcale de la société. Bien que cette réalité ait évolué, il existe encore des barrières.

2.2- Données de l'étude

Dans le cadre de cette étude, diverses catégories de données ont été collectées : données sociodémographiques, économiques, données sur la perception des risques cycloniques et les stratégies d'adaptation mises en place. Elles comprennent des informations de nature qualitative et quantitative. Les données sociodémographiques incluent des informations sur les caractéristiques des ménages telles : le sexe des chefs de ménage, leur âge, leur niveau d'instruction, la taille des ménages, les activités sources de revenus, le type et statut d'occupation des habitations. Les données sur la perception des risques cycloniques regroupent l'expérience des ménages aux cyclones, leur compréhension des causes et de l'ampleur des dégâts occasionnés par les cyclones. Enfin, les données sur les stratégies d'adaptation recueillies incluent des informations sur les pratiques agricoles permettant de réduire l'impact des cyclones, les transformations apportées aux habitations pour les rendre plus résistantes, les

comportements adoptés avant, pendant et après les cyclones et la participation aux actions collectives de prévention.

2.3- Méthodologie

Pour mener à bien ce travail, une méthodologie structurée autour de quatre grandes étapes a été adoptée. Elle comprend :

- une recherche documentaire ;
- une visite exploratoire ;
- une collecte de données de terrain ;
- un traitement et l'analyse des données.

2.3.1- Recherche documentaire

La première étape de cette étude a consisté en une recherche documentaire. Cette étape a permis de recueillir divers documents clés (articles scientifiques, mémoires de fin d'études, rapports de projet, etc.) relatifs à la thématique de l'étude afin d'en alimenter une réflexion approfondie.

2.3.2- Visite exploratoire

Pour rallier la recherche bibliographique à la réalité de la zone d'étude, une visite exploratoire a été organisée. Elle a consisté en une observation directe de la zone et la tenue d'entretiens informels avec des représentants des autorités étatiques, du Bureau national de Gestion des Risques de Catastrophes (BNGRC) et certains chercheurs de l'Université d'Antananarivo. Cette phase a été déterminante dans le choix des communes d'études. En effet, à partir de la recherche documentaire, une liste présentant les communes les plus touchées par les cyclones a été élaborée. Cette liste a fait l'objet de discussion avec les personnes rencontrées. Ces entretiens ont aidé à mieux définir la zone d'étude tout en prenant en compte la réalité du DM. De plus, cette visite exploratoire a facilité la prise de contact avec les représentants des différents fokontany des communes étudiées. Aussi, cette phase a facilité le choix des indicateurs de vulnérabilité et la méthode de collecte des données.

2.3.3- Collecte de données

Des enquêtes de terrain permettant d'identifier les différents facteurs de vulnérabilité, de prendre connaissance de la perception des ménages et des stratégies d'adaptation aux cyclones existantes ont été réalisées de mars à avril. Ces données ont été collectées via des entretiens semi-structurés individuels en utilisant un questionnaire préparé sur Kobo Toolbox. Ce questionnaire est constitué de quatre sections portant sur les caractéristiques sociodémographiques et économiques, la perception du risque cyclonique et les stratégies d'adaptation adoptées par les ménages (Annexe 1).

2.3.3.1- Échantillonnage

Une fois que les zones d'étude ont été définies, la taille de l'échantillon a été calculée en utilisant la formule développée par Cochran (1953) :

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

« n » étant la taille de l'échantillon ; « N » la taille de la population cible qui dans notre cas sont les ménages, « P » la proportion attendue d'une réponse de la population, « tp » la valeur associée à l'intervalle de confiance d'échantillonnage qui est de 95% soit 1,96 et « y » la marge d'erreur d'échantillonnage (5%).

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5(1 - 0,5) * 167548}{1,96^2 * 0,5(1 - 0,5) + (167548 - 1) * 0,05^2} = 383 \quad (2)$$

Après calcul avec les données du recensement de 2022, la taille de l'échantillon est fixée à 383 ménages. Toutefois, en raison de l'inaccessibilité de certains villages, du temps limité dont on disposait et du refus de participation de certaines personnes, seulement 360 ménages ont été enquêtés. Le Tableau 1 présente le nombre de répondants désagrégé par communes. Ces répondants ont été sélectionnés suivant le processus d'échantillonnage aléatoire stratifié en considérant pour strates les différents fokontany des communes sélectionnées pour l'étude. Une fois au niveau des villages, les répondants ont été choisis selon leur disponibilité et leur volonté à participer à l'enquête.

Tableau 1. Nombre de répondants désagrégé par village

| Communes | Villages | Nombre de répondants |
|---------------------|-------------------|----------------------|
| Morondava | Ambalanomby | 39 |
| | Ampasy | 34 |
| | Ankisirasika sud | 21 |
| | Ankisirasira nord | 29 |
| | Bétania | 29 |
| | Tanambao | 28 |
| | Total | 180 |
| Marofandilia | Ampataka | 39 |
| | Beroboka_atsimo | 63 |
| | Kivalo | 29 |
| | Marofandilia | 49 |
| | Total | 180 |
| Total | | 360 |

2.3.4- Traitement et analyse des données

Les données d'enquête ont été traitées sur Microsoft Excel. Une grille de dépouillement a été préparée à cette fin. Ces données ont été ensuite analysées à l'aide du logiciel R. Des tests statistiques, notamment le test de chi carré et celui de cramer, ont été effectués pour analyser l'association des différents facteurs de vulnérabilité au sein des communes. Ces tests ont permis de déterminer si les différences observées entre les catégories de données sont statistiquement significatives permettant ainsi de comprendre les facteurs ayant un impact significatif sur la vulnérabilité des ménages (FUN, 2017). Le logiciel QGIS a été utilisé pour cartographier la variation spatiale de la vulnérabilité des ménages aux cyclones.

2.3.4.1- Estimation de la vulnérabilité aux cyclones

Pour estimer la vulnérabilité des ménages aux cyclones, un indice de vulnérabilité aux cyclones (IVC) a été développé en combinant la méthodologie développée par Patri *et al.* (2022) et celle Aksha *et al.* (2019). Cet indice traduit la capacité des ménages à anticiper les éventuels impacts négatifs des cyclones, à y faire face, à résister et à s'en remettre (Lanlan *et al.*, 2023 ; Aksha *et al.*, 2019). De base, on a utilisé l'équation suivante :

$$IVC = \sum_{i=1}^n Wi/n \quad n = 29 \quad (3)$$

Wi étant les pondérations attribuées aux différents indicateurs, et n, le nombre d'indicateurs.

2.3.4.1.1- Choix des indicateurs

Défini selon une approche multidimensionnelle, l'IVC est constitué de 29 indicateurs regroupant des facteurs sociodémographiques, économiques, infrastructurels et des données de perception. En utilisant la littérature existante et la réalité de la zone d'étude, les différentes modalités de ces indicateurs ont été pondérées en attribuant des valeurs allant de 0 à 1 en fonction du degré de vulnérabilité estimé. Ainsi, des pondérations de : {0 ; 1}, 0,33 ; 0,67 ; 1}, {0,25 ; 0,50 ; 0,75 ; 1} et {0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1} ont été appliquées aux indicateurs ayant respectivement deux, trois, quatre et cinq modalités (Tableau 3). Plus la valeur attribuée à une modalité est proche de 1, plus la vulnérabilité associée est considérée comme forte. À l'inverse, une valeur proche de zéro indique une faible vulnérabilité.

Pour mesurer l'intensité de la relation entre les indicateurs et les valeurs de l'IVC, le test de Cramer aussi appelé "v de Cramer" a été effectué. Le calcul a été fait en utilisant la formule suivante :

$$V \text{ de Cramer} = \sqrt{\frac{X^2}{N * MinDDL}} \quad (4)$$

X^2 étant le khi carré, N la taille de l'échantillon et MinDDL le degré de liberté. Plus le v de Cramer est proche de 1 plus l'indicateur influence la vulnérabilité des ménages aux cyclones (Tableau 2). En revanche, plus le v de cramer est proche de zéro moins l'indicateur influence la vulnérabilité des ménages aux cyclones (FUN, 2017).

Tableau 2 : Interprétation du test de Cramer

| Valeur de V de Cramer | Intensité de la relation entre les indicateurs et la vulnérabilité de ménages aux cyclones |
|-----------------------|--|
| <0,1 | Relation très faible ou nulle |
| ≥ 0,1 et < 0,2 | Relation faible |
| ≥ 0,2 et < 0,3 | Relation moyenne |
| ≥ 0,3 | Relation forte |

2.3.4.1.2- Classification de la vulnérabilité aux cyclones

L'IVC calculé peut prendre des valeurs allant de 0 à 1 ce qui permet de quantifier la vulnérabilité des ménages face aux cyclones sur une échelle continue. Sa classification permet d'identifier les ménages qui sont les plus à risque. Il a été classifié qualitativement en quatre (4) catégories à savoir :

- IVC<0,4 : la vulnérabilité aux cyclones est dite faible. Cela signifie que ces ménages disposent de ressources et de connaissances leur permettant de se protéger contre les effets des cyclones. Ils sont moins exposés aux cyclones ;
- IVC compris entre 0,40-0,50 : le ménage est considéré comme moyennement vulnérable aux cyclones. Les ménages se trouvant dans cette catégorie sont moins préparés et protégés contre les cyclones comparativement à ceux se trouvant dans la première catégorie ;
- IVC compris entre 0,50-0,60 : La vulnérabilité est dite élevée. Cela signifie que les ménages sont exposés à des risques significatifs et leurs capacités à faire face aux cyclones sont limitées ;
- IVC >0,60 : la vulnérabilité est très élevée. Ces ménages sont probablement les plus exposés et les moins capables de se protéger et de récupérer après le passage d'un cyclone.

2.3.4.2- Variation spatiale de la vulnérabilité

Selon la méthodologie décrite par Aksha *et al.* (2019) l'indice de Moran a été calculé pour visualiser la variation spatiale de l'indice de Vulnérabilité. Cet indice a été utilisé du fait qu'il présente une grande stabilité générale et est très robuste (Oliveau, 2010). Pour ce faire, le test global d'autocorrélation de Moran a été appliqué. Ce test a permis de mesurer, d'une part, l'autocorrélation de l'IVC entre les ménages et d'autre part, de déterminer la significativité de cette variation. Ainsi, il a permis de discerner si les résultats de l'indice suivent un schéma spatial.

L'indice de Moran peut prendre des valeurs comprises entre -1 à 1. Les valeurs proches de 1 indiquent une forte autocorrélation spatiale positive ce qui veut dire que des valeurs élevées ou faibles de l'IVC sont regroupées géographiquement. En revanche, les valeurs proches de 0 indiquent que les valeurs élevées ou faibles de l'IVC sont réparties de manière aléatoire sans suivre un schéma spatial particulier. Les valeurs proches de -1, quant à elles, révèlent une forte autocorrélation spatiale négative ce qui signifie qu'il y a une alternance de valeurs élevées et faibles de l'IVC pour les villages adjacents. Le z-score quantifie combien d'écart-types séparent l'indice de Moran observé de la valeur attendue sous l'hypothèse nulle à savoir l'absence d'autocorrélation spatiale. La p-value indique la probabilité que l'autocorrélation observée soit due au hasard. Une p-value <0,05 indiquerait une significativité entre les valeurs de vulnérabilité.

Tableau 3- Indicateurs pris en compte dans la définition de l'indice de vulnérabilité

| Indicateurs | Modalités | Poids | Références |
|--|-------------------------------|-------|--|
| 1-Taille du ménage | <3 | 0,33 | INSTAT, 2020 ; Birkmann et al., 2013 ; Cutter et al., 2003 |
| | 3-5 | 0,67 | |
| | >5 | 1 | |
| 2-Pourcentage des membres du ménage ayant un emploi (15 à 64 ans) | 0%-10% | 1 | INSTAT, 2020 ; Scheuer et al., 2011 ; |
| | 11%-49% | 0,67 | |
| | 50-100% | 0,33 | |
| 3-Sexe du chef de ménage | Femmes | 1 | Phung et al., 2016) ; |
| | Homme | 0 | Cutter et al., 2003 ; |
| 4-Type de famille | Monoparental | 1 | INSTAT, 2020 ; |
| | Biparental | 0 | Rana et Routray, 2018 |
| 5-Age du chef de ménage | <25 ans | 1 | INSTAT, 2020 ; |
| | 25-59 ans | 0 | Panthi et al., 2016 |
| | >59 ans | 1 | |
| 6-Niveau d'instruction du chef de ménage | Aucun | 1 | Rahman et al., 2023 ; |
| | Primaire | 0,75 | Sen et al., 2022 |
| | Secondaire | 0,50 | |
| | Supérieur | 0,25 | |
| 7-Revenu moyen mensuel (en Ariary) | <30 000 | 1 | Kawyitri et Shekhar, 2021; |
| | 30 000-238 000 | 0,8 | INSTAT, 2020; |
| | 238 000-350 000 | 0,6 | Walker et al., 2014 |
| | 350 000-1 000 000 | 0,2 | |
| | >1 000 000 | 0 | |
| 8-Principale source de revenus | Agriculteur, éleveur, pêcheur | 1 | Kawyitri et Shekhar, |
| | Travailleur indépendant | 0,67 | 2021 ; Rana et Routray, |
| | Salarié | 0,33 | 2018 ; Cutter et al., 2003 |
| 9-Bénéficiaire de transfert d'argent | Oui | 0 | Pandey et al., 2017 ; |
| | Non | 1 | Panthi et al., 2016 |
| 10-Statut d'occupation du logement | Propriétaire | 1 | Cutter et al., 2018 ; |
| | Locataire | 0 | Walker et al., 2014 |
| 11-Prêts aux ménages | Oui | 1 | Pandey et al., 2017 ; |
| | Non | 0 | Panthi et al., 2016 |

| | | | |
|---|---------------------|------|--------------------------------|
| 12-Possession d'actifs | Oui | 1 | Cutter <i>et al.</i> , 2003 ; |
| | Non | 0 | Walker <i>et al.</i> , 2014 |
| 13-Type d'habitat | Matériaux durables | 0 | Gain <i>et al.</i> , 2015 |
| | Matériaux précaires | 1 | |
| 14-Toiture de l'habitation | Bozaka (paille) | 1 | Gain <i>et al.</i> , 2015 |
| | Tôle | 0 | |
| 15-Ampleur de dégâts sur les moyens de subsistance | Ne sais pas | 1 | Jamshed <i>et al.</i> , 2017 |
| | Pas grave | 0,25 | |
| | Moyennement grave | 0,50 | |
| | Grave | 0,75 | |
| 16-Pertes agricoles dues aux cyclones | Oui | 1 | Jamshed <i>et al.</i> , 2018 ; |
| | Non | 0 | Chejarla <i>et al.</i> , 2016 |
| 17-Maison endommagée | Oui | 1 | Jamshed <i>et al.</i> , 2017 |
| | Non | 0 | |
| 18-Distance aux soins de santé | <0,5 km | 0 | Rana et Routray, 2018 |
| 19-aux écoles | 0,5-1,3 km | 0,2 | |
| 20-aux marchés publics | 1,3-2,5 km | 0,6 | |
| | 2,5-5 km | 0,8 | |
| | >5 km | 1 | |
| 21-Adoption de stratégies d'adaptation | Oui | 0 | Kawyitri et Shekhar, 2021 |
| | Non | 1 | |
| | Efficace | 0,4 | Kawyitri et Shekhar, 2021 |
| | Très efficace | 0,2 | |
| 22-Efficacité des mesures adaptatives | Peu efficace | 0,6 | |
| | Pas efficace | 0,8 | |
| | Je ne sais pas | 1 | |
| 23-Réception d'information sur les cyclones | Oui | 0 | Jamshed <i>et al.</i> , 2019 ; |
| | Non | 1 | Mazumdar et Paul, 2016 |
| 24-Soutien des ONG/associations | Oui | 0 | Jamshed <i>et al.</i> , 2019 ; |
| | Non | 1 | Hahn <i>et al.</i> , 2009 |
| 25-Expérience passée aux cyclones | Oui | 0 | Kawyitri et Shekhar, 2021 |
| | Non | 1 | |
| 26-Connaissance des causes des cyclones | Oui | 0 | Kawyitri et Shekhar, 2021 |

| | | | |
|---|-----|---|-------------------------------|
| | Non | 1 | |
| 27-Connaissance des impacts dont un cyclone pourrait être à la base | Oui | 0 | Kawyitri et Shekhar, 2021 |
| | Non | 1 | |
| 28-Possession de terres agricoles et de bétail | Oui | 0 | Cutter <i>et al.</i> , 2003 ; |
| | Non | 1 | Walker <i>et al.</i> , 2014 |
| 29-Connaissance des pratiques pour réduire l'impact des cyclones sur les moyens de subsistance | Oui | 0 | Kawyitri et Shekhar, 2021 |
| | Non | 1 | |

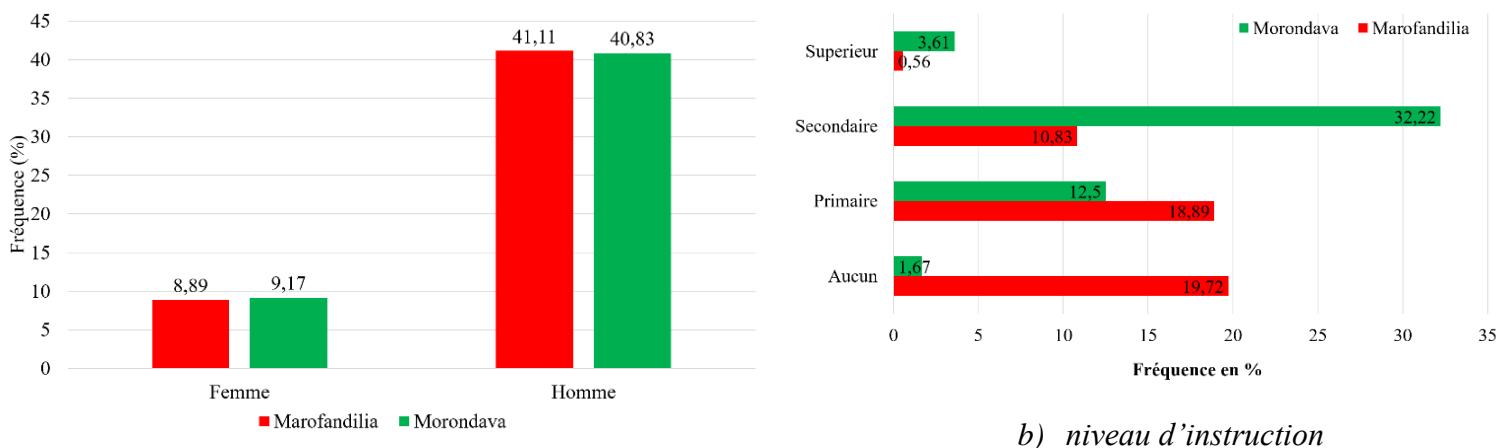
CHAPITRE III. RÉSULTATS

3.1- Facteurs contribuant à la vulnérabilité des ménages des communes étudiées face aux cyclones

3.1.1- Caractéristiques sociodémographiques

✚ Sexe des chefs de ménages et niveau d'instruction

Ces enquêtes de terrain ont permis de recueillir des données auprès de 360 chefs de ménage dont 65 femmes soit 18,06% (8,89% à Marofandilia et 9,17% à Morondava) et 295 (81,94%) hommes dont environ 41% dans chaque commune (Figure 2a). Parmi ces répondants, 283 (78,61%) ont un certain niveau d'instruction (Figure 2b). La majorité d'entre eux, soit 155, ont atteint un niveau secondaire, 77 un niveau primaire et 15 un niveau supérieur. En revanche, 77 chefs de ménages soit 21,39% ne savent ni lire ni écrire ce qui indique une absence totale de scolarisation. Ces ménages et ceux ayant un niveau primaire sont majoritaires dans la commune de Marofandilia. En revanche, ceux ayant un niveau secondaire sont majoritaires à Morondava (soit 32,22%). Bien que faible au niveau des deux (2) communes, la proportion d'individus ayant atteint un niveau d'éducation supérieur est plus élevée à Morondava.



a) répartition des répondants par sexe
Figure 2. Répartition des répondants par : a) sexe, b) niveau d'instruction désagrégé par communes.

✚ Statut matrimonial

En ce qui concerne le statut matrimonial, environ 80% des chefs de ménage (41% à Morondava et 39% à Marofandilia) ont déclaré qu'ils vivent en union. Environ 6% et 8% sont respectivement, célibataires et divorcés, avec la majorité d'entre eux localisés à Marofandilia. Enfin, 5,56% des chefs de ménage de l'échantillon enquêté sont des veufs (Figure 3).

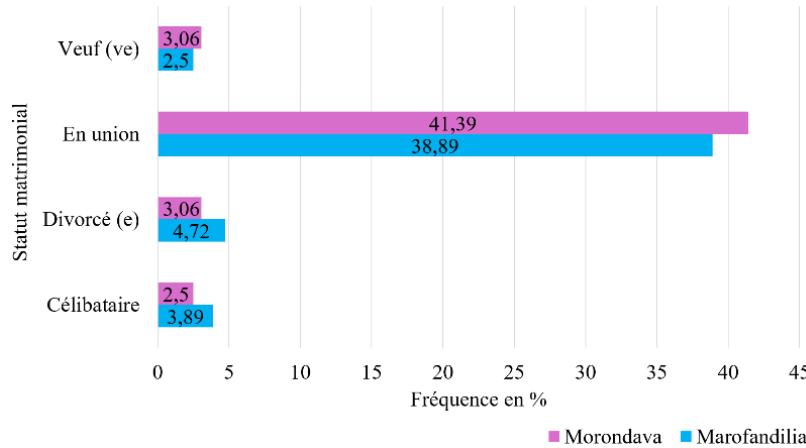


Figure 3. Statut matrimonial des ménages enquêtés

✚ Âge des chefs de ménages et taille du ménage

L'âge des CM (chefs de ménage) enquêtés varie de 20 à 95 ans avec une moyenne de 44 ans. La distribution des âges a révélé que 25% de l'échantillon enquêté ont 30 ans au moins, et 75% au moins 50 ans (Figure 4a). Les CM plus âgés et les moins jeunes enquêtés sont majoritaires à Marofandilia (9,72% et 3,89% respectivement) (Tableau 4).

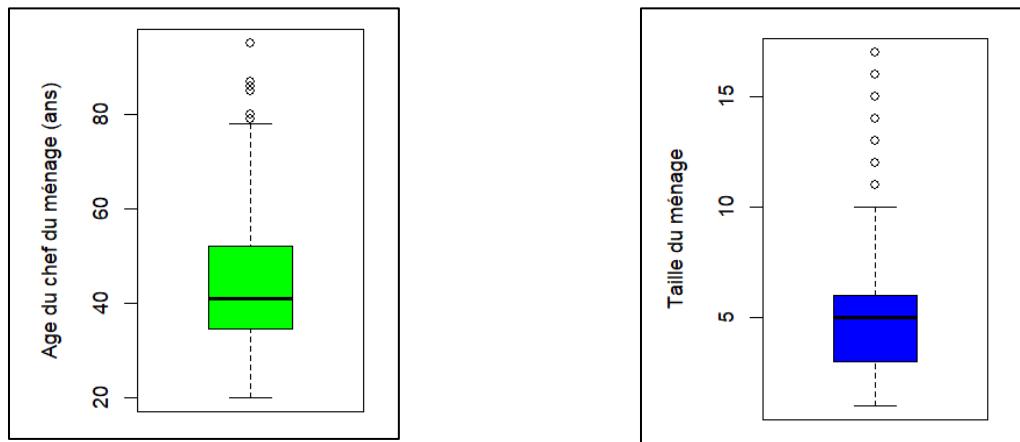


Figure 4. Distribution de : a) l'âge des chefs de ménage et b) la taille des ménages enquêtés

En ce qui concerne la taille du ménage, elle varie de 1 à 17 personnes. 25% des ménages ont au moins 4 personnes et 75% une taille inférieure ou égale à 6 (Figure 4b). Les ménages ayant 3-5 personnes sont les plus nombreux au niveau des deux (2) communes (26,11% Marofandilia et 32,5% à Morondava). En revanche, les ménages ayant plus de 5 personnes sont plus nombreux à Marofandilia (18,33%) qu'à Morondava (13,33%) (Tableau 4).

Tableau 4 : Distribution de l'âge des chefs de ménage et la taille des ménages enquêtés désagrégés par commune

| Communes | Âge du chef de ménage | | | Nombre de personnes par ménage | | |
|---------------------|-----------------------|-----------|---------|--------------------------------|-----|----|
| | <25 ans | 25-59 ans | >59 ans | <3 | 3-5 | >5 |
| Marofandilia | 14 | 131 | 35 | 20 | 94 | 66 |

| | | | | | | |
|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Morondava | 5 | 148 | 27 | 15 | 117 | 48 |
| Total | 19 | 279 | 62 | 35 | 211 | 114 |

Distance des ménages aux écoles, soins de santé

La majorité des CM ont déclaré qu'ils vivent à moins de 1,3 km d'une école avec environ 32% (21,7% à Marofandilia et 10,6% Morondava) à moins de 0,5 km. À Morondava une plus grande proportion des ménages (45,3%) vit à moins de 1,3 km d'une école comparée à Marofandilia.

À Marofandilia une proportion significative des ménages enquêtés, soit 24,4%, ont déclaré qu'ils vivent à plus de 5 km d'un centre de soins. Cela pourrait indiquer un accès difficile aux services de santé. En revanche à Morondava, aucun des ménages enquêtés ne vit à plus de 5 km d'un centre de soins. Une grande proportion soit 24,2% vit à une distance entre 1,3 et 2,5 km ce qui indique un meilleur accès aux soins de santé comparé à la commune de Marofandilia.

Tableau 5. Distribution des distances par rapport aux écoles et soins de santé désagrégée par commune

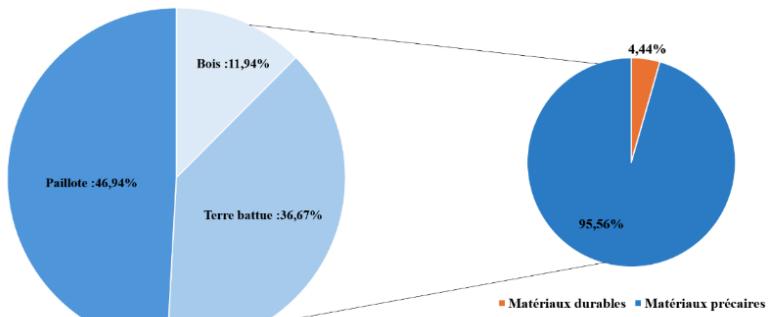
| Communes | Distance par rapport aux écoles (km) | | | | | Distance par rapport aux soins de santé (km) | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|---------|---------|-------|------|--|---------|---------|-------|-------|
| | <0,5 | 0,5-1,3 | 1,3-2,5 | 2,5-5 | >5 | <0,5 | 0,5-1,3 | 1,3-2,5 | 2,5-5 | >5 |
| Marofandilia | 21,7% | 21,7% | 4,2% | 1,4% | 1,1% | 11,4% | 11,7% | 1,9% | 0,6% | 24,4% |
| Morondava | 10,6% | 34,7% | 4,4% | 0,3% | 0% | 2,5% | 16,4% | 24,2% | 6,9% | 0% |

Comparée à Marofandilia, la commune de Morondava semble avoir des écoles situées à des distances plus accessibles pour la majorité de ses habitants (Tableau 5). En outre, elle offre un meilleur accès aux soins de santé avec la majorité des ménages enquêtés vivant entre 1,3 et 2,5 km d'un centre de santé alors qu'à Marofandilia une partie importante de la population doit parcourir plus de 5 km pour accéder aux soins.

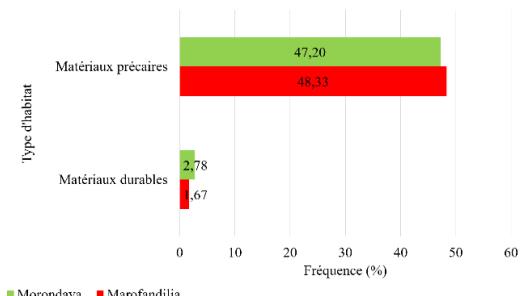
Type d'habitat

85% des CM ont affirmé qu'ils sont propriétaires de leur maison tandis que 15% sont en situation de location. Il est observé que 95,56% des habitats (47,20% à Morondava et 48,33% à Marofandilia) sont constitués de matériaux précaires (Figure 5b). Parmi ces derniers 11,94% des maisons sont en bois, 36,67% en terre battue et 46,94% paille. En revanche, 4,44% des ménages possèdent des maisons construites avec des matériaux durables tels que les briques et le ciment (Figure 5a). De plus, la majorité des maisons soit 53,89% ont des toitures en tôle tandis que 46,11% ont des toitures en Bozaka².

² Toit de chaume (INSTAT, 2020)



a) type d'habitat des ménages enquêtés



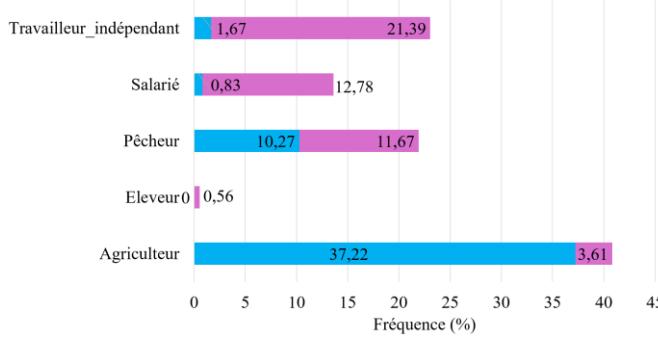
b) type d'habitat désagrégé par commune

Figure 5. Type d'habitat des ménages enquêtés (a), désagrégé par commune (b)

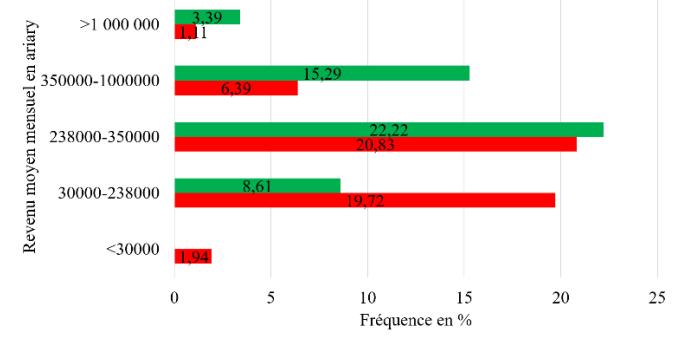
3.1.2- Caractéristiques économiques

Il est observé une grande variation dans l'activité principale qu'exercent les ménages. L'activité dominante est l'agriculture pratiquée par 40,83% des ménages. Parmi eux, 37,22% sont à Marofandilia et 3,61% à Morondava. Ensuite viennent le travail indépendant (commerce et artisanat) exercé par 23,06% des ménages et la pêche (21,94%). Les travailleurs indépendants, salariés et pêcheurs sont majoritaires à Morondava (Figure 6a).

La majorité de l'échantillon enquêté, soit 43,06%, a déclaré avoir un revenu mensuel compris entre 238 000-350 000 Ariary³, 28,33% un revenu mensuel entre 30 000-238 000 Ariary et 21,68% entre 350 000 et 1 000 000 Ariary. Seulement 5% de l'échantillon a un revenu mensuel supérieur à 1 000 000 Ariary. Il est observé que les ménages de la commune de Marofandilia ont un revenu relativement plus bas que ceux de Morondava (Figure 6b). Cela peut s'expliquer par le fait que l'activité principale génératrice de revenus est l'agriculture.



a) distribution des activités principales des CM



b) distribution du revenu moyen mensuel

Figure 6. Répartition des activités principales des CM par commune a) et leur revenu moyen mensuel en Ariary b).

Environ 18% des agriculteurs, 10% des pêcheurs et 11% des travailleurs indépendants ont un revenu mensuel de 238 000-350 000 ariary. De plus, 16% des agriculteurs ont un revenu mensuel compris entre 30 000-238 000 Ariary (Tableau 6). Une valeur de 35,08 a été obtenue pour le test du chi

³ 1 euro= 4912 Ariary malgache (Wise, consulté le 30 juillet 2024)

carré effectué, avec une p-value de 0,00387. Cette valeur indique une relation significative entre l'activité principale et le revenu moyen mensuel des CM.

Tableau 6. Distribution du revenu moyen mensuel selon l'activité principale des chefs de ménages

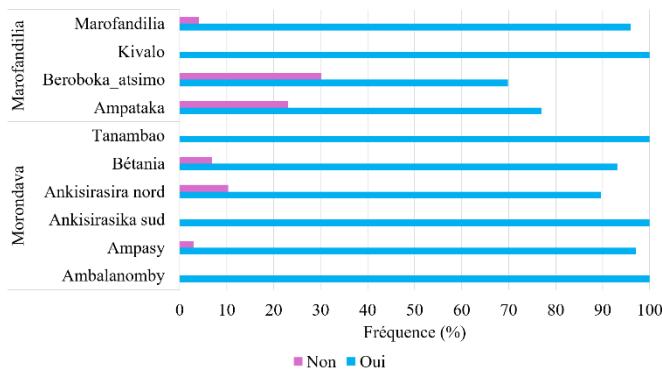
| Revenu moyen mensuel (Ariary) | Fréquence (%) | | | | |
|----------------------------------|---------------|---------|---------|---------|-------------------------|
| | Agriculteur | Salarié | Éleveur | Pêcheur | Travailleur indépendant |
| 0-30000 | 1,39 | 0,28 | 0 | 0 | 0,28 |
| 30000-238000 | 16,11 | 2,78 | 0,28 | 4,44 | 4,72 |
| 238000-350000 | 17,5 | 5,0 | 0 | 10,0 | 10,56 |
| 350000-1000000 | 4,17 | 5,28 | 0,28 | 5,56 | 6,39 |
| >1000000 | 0,56 | 1,39 | 0 | 1,94 | 1,11 |

3.1.3- Perception des ménages des risques cycloniques

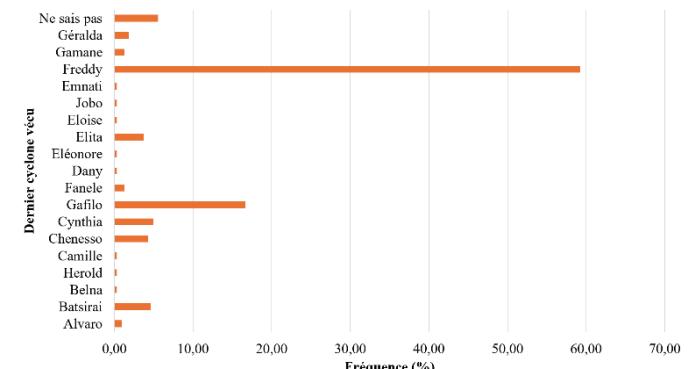
3.1.3.1- Expérience antérieure des cyclones

Il est observé que les CM ont une certaine connaissance du risque cyclonique. 90% des ménages enquêtés, soit 324, ont affirmé avoir vécu un cyclone avec 70% d'entre eux ayant vécu plus d'un cyclone. 53,7% de ces ménages sont localisés dans la commune de Morondava et 46,3% dans la commune de Marofandilia. Tous les ressortissants des villages de Ambalanomby, Ankisirasika sud, Kivalo, Tanambao ont vécu au moins un cyclone (Figure 7a). Environ 58,61% des CM ont déclarés qu'ils subissent les effets des cyclones en raison de leur position géographique, 31,39% en raison du manque de ressources financières et 33,61% du réchauffement planétaire (Figure 7d).

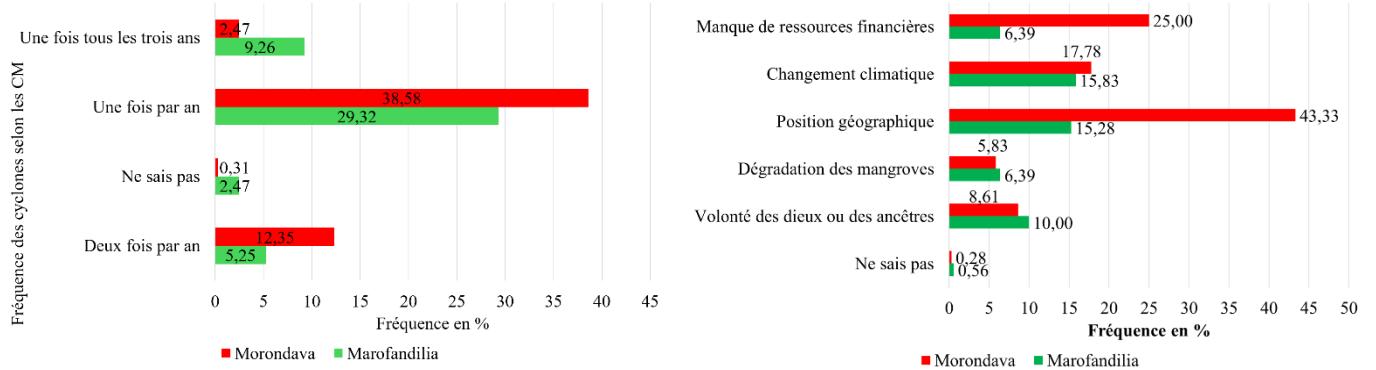
En ce qui concerne la fréquence des cyclones, seulement 2,78 % de ces ménages ne sont pas en mesure d'en parler. 67,90% des ménages ayant vécu un cyclone ont déclarés qu'il y a un cyclone tous les ans, 17,59% deux (2) cyclones par an, 11,73% une fois tous les trois ans. Les CM de Marofandilia sont plus nombreux à penser que les cyclones se produisent moins fréquemment (Figure 7c). En revanche, ceux de Morondava ont déclaré, majoritairement, qu'ils subissent des cyclones annuellement. Il est observé qu'environ 60% des ménages enquêtés ont mentionné « Freddy » comme étant le cyclone le cyclone le plus dévastateur qu'ils ont vécu et environ 18% « Gafilo ».



a) expérience antérieure aux cyclones



b) dernier cyclone vécu



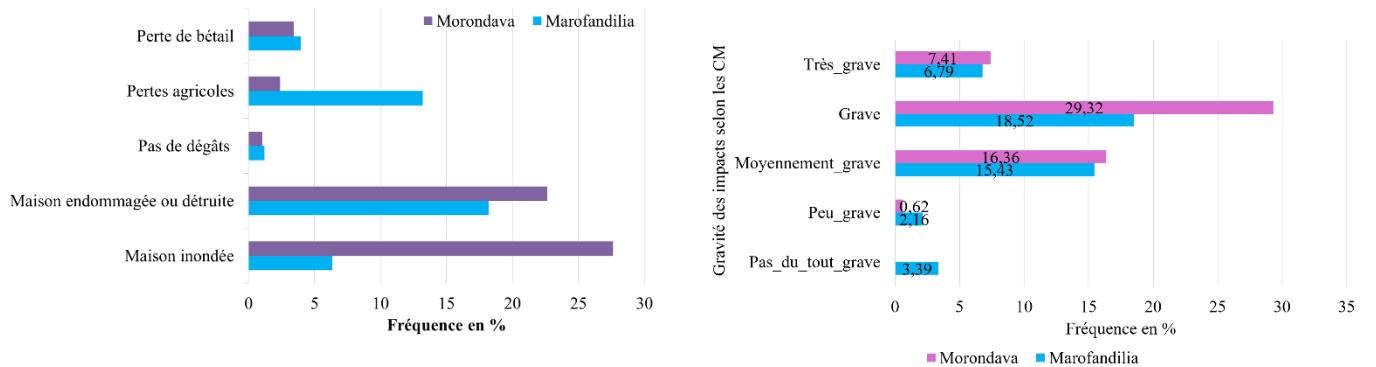
c) fréquence des cyclones selon les chefs de ménage

d) facteur de vulnérabilité selon les chefs de ménage

3.1.3.2- Impacts des cyclones

Il est observé que les cyclones provoquent principalement des dégâts matériels importants aux habitations. En effet, environ 34% et 41% des CM ont déclarés que leurs maisons ont été, respectivement inondée et endommagée en raison des vents violents et inondations associés aux cyclones. S'ensuivent les dégâts sur les moyens de subsistance en termes de pertes agricoles et de bétail relaté par 30% des ménages. Seulement 2,23% des CM ont déclarés n'avoir pas subi de dégâts cela suggère que les cyclones touchent largement la population (Figure 8a).

Les résultats de l'enquête ont montré que la perception des dégâts occasionnés par les cyclones varie au niveau des deux communes. Les ménages de Morondava perçoivent globalement les dégâts des cyclones comme étant plus graves comparativement à ceux de Marofandilia. En effet, aucun des chefs de ménage de Morondava ne considère les dégâts des cyclones comme pas du tout graves tandis que 3,39% de ceux de Marofandilia ont considéré les dégâts comme étant graves. Une plus grande proportion de ménages à Morondava, 29,32% et 16,36%, considère les dégâts des cyclones comme étant, respectivement graves ou moyennement graves par rapport à ceux de Marofandilia (Figure 8b). La valeur du test du chi carré effectué, soit 20,188 (p-value égale à 0,00046) indique une divergence assez significative de la perception de la gravité des impacts des cyclones selon la commune.



a) dégâts occasionnés par les cyclones

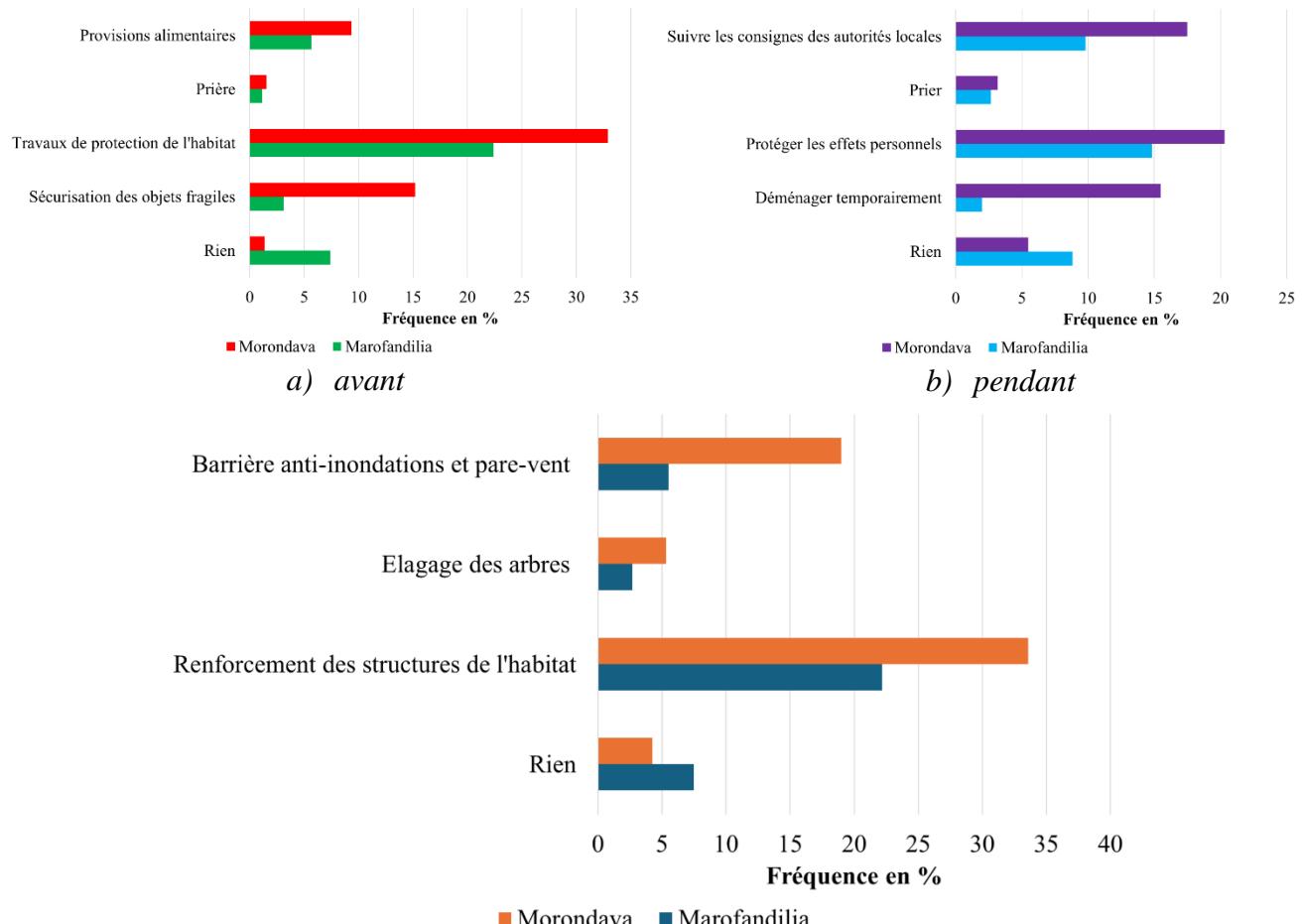
b) gravité des impacts selon les chefs de ménage

Figure 8. Perception des ménages des impacts des cyclones (c) et de leur gravité (b)

3.1.4- Stratégies d'adaptation

Il est observé que des dispositions sont prises avant, pendant et après un cyclone par les ménages enquêtés. Environ 55% (33% à Morondava) des CM ont déclaré qu'à l'annonce d'un cyclone ils effectuent des travaux pour mieux protéger leur maison, 18% (15% à Morondava) ont déclaré qu'ils sécurisent les objets fragiles, 15 % font des provisions alimentaires, 3 % prient et 9 % (7% à Marofandilia) ne font rien (Figure 9a). Pendant un cyclone, environ 35% (20% à Morondava) protègent leurs effets personnels (pièce d'identité formelle, titre de propriété, bulletin scolaire des enfants, etc.), 27 % dont 17% à Morondava ont déclaré qu'ils suivent les consignes des autorités locales, 17 % (15% à Morondava) quittent temporairement leur zone pour s'installer dans des endroits sûrs, 14 % (9% à Marofandilia) prient et 6% ne font rien (Figure 9b). Depuis le dernier cyclone vécu, à savoir Freddy et Gafilo selon la majorité des ménages, environ 56 % des CM (34% à Morondava) ont déclaré avoir renforcé les structures de leur habitat, 25% (19% à Morondava) ont mis en place des barrières anti-inondations et pare-vent, 9% (5% à Morondava) ont procédé à l'élagage des arbres et 12% (7% à Marofandilia) n'ont rien fait (Figure 9c).

Il est constaté qu'il n'y a pas eu de variations notables dans les stratégies mises en place par les ménages en fonction de leur principale activité génératrice de revenus. En effet, les agriculteurs n'ont pas indiqué avoir apporté des changements à leurs pratiques agricoles afin d'accroître la résilience de leurs parcelles face aux cyclones.



c) depuis le dernier cyclone vécu

Figure 9. Dispositions des ménages avant (a), pendant (b) et après le dernier cyclone vécu

Plus de 50% des CM ont déclaré que les mesures de préparation et de protection mises en place sont utiles et suffisantes. La valeur de la p-value (<0,001) indique qu'il existe une relation très significative entre l'efficacité des mesures mises en place contre les cyclones et les communes. En ce qui concerne la participation aux actions collectives de prévention, environ 46% des ménages ont répondu positivement. Cependant, cette participation varie d'une commune à une autre (p-value<0,001). En effet, très peu de ménage à Marofandilia (13,61%) ont déclaré avoir participé à ces activités alors qu'à Morondava plus de 30% y participent (Tableau 7).

Tableau 7. Participation des ménages aux actions collectives de prévention et perception de l'efficacité des mesures mises en place

| Communes | Efficacité des mesures (fréquence en %) | | | Participation à des actions collectives de prévention (fréquence en %) | | |
|---------------------|---|------------|-------|--|-------|-------|
| | Efficace | Inefficace | Non | Non | Oui | |
| Marofandilia | 27,78 | 11,39 | 15,83 | p<0,001 | 36,89 | 13,61 |
| Morondava | 36,67 | 6,94 | 6,39 | | 16,94 | 33,06 |

3.2- Estimation de la vulnérabilité des ménages aux cyclones

L'indice de vulnérabilité aux cyclones calculé varie de 0,29 à 0,70. La valeur minimale est observée à Morondava et la valeur maximale à Marofandilia. Les moyennes des indices entre les deux communes sont relativement similaires. Cependant, il est observé une légère tendance à des valeurs plus élevées à Marofandilia. Les ménages ont majoritairement une vulnérabilité moyenne aux cyclones. À Morondava, environ 25% des ménages sont moyennement vulnérables, 13% sont faiblement vulnérables, 10% une vulnérabilité élevée et seulement 0,56% sont très vulnérables aux cyclones. Alors qu'à Marofandilia, environ 17% ont une vulnérabilité élevée et 3% une vulnérabilité très élevée. Le Tableau 8 permet d'identifier les variations de vulnérabilité aux cyclones entre les communes afin d'avoir une vision globale et comparative des niveaux de vulnérabilité. Le p-value (p<0,001) indique une relation très significative entre les communes et leur vulnérabilité aux cyclones. Cela suggère que la vulnérabilité aux cyclones est liée de manière significative à la commune.

Tableau 8. Statistiques descriptives de l'IVC calculé et niveau de vulnérabilité des ménages

| Communes | Statistiques descriptives | | | | Vulnérabilité des ménages (fréquence en %) | | | |
|---------------------|---------------------------|------|------|------------|--|--------|--------|------------|
| | Min | Max | Moy | Ecart type | Faible | Moyen | Élevé | Très élevé |
| Morondava | 0,29 | 0,66 | 0,44 | 0,07 | 13,33% | 25,83% | 10,28% | 0,56% |
| Marofandilia | 0,30 | 0,70 | 0,48 | 0,08 | 6,94% | 21,67% | 18,61% | 2,77% |

Le test de cramer a révélé que la relation entre la vulnérabilité des ménages aux cyclones et : i) les caractéristiques sociodémographiques, comme le sexe du chef de ménage, le type de famille, la qualité de l'habitat et ii) la connaissance des ménages du risque cyclonique est forte. En d'autres termes, ces facteurs ont un impact significatif sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones. Les caractéristiques économiques, comparativement aux précédents, exercent une influence modérée, mais notable sur la vulnérabilité des ménages. En revanche, l'âge des CM, la taille du ménage, l'accès aux écoles, marchés

publics et soins de santé et le statut d'occupation du logement sont moins déterminants dans la vulnérabilité des ménages aux cyclones (Tableau 9).

Tableau 9 : Intensité de la relation des indicateurs entre la vulnérabilité des ménages aux cyclones

| Indicateurs | V de cramer | Intensité de la relation |
|--|-------------|--------------------------|
| Connaissance des causes des cyclones | 0,45 | Relation forte |
| Toiture de l'habitat | 0,44 | |
| Type d'habitat | 0,43 | |
| Expérience passée aux cyclones | 0,44 | |
| Type de famille | 0,36 | |
| Sexe du chef de ménage | 0,35 | |
| Réception d'information sur les cyclones | 0,34 | |
| Connaissance des pratiques d'adaptation | 0,33 | |
| Connaissance des impacts des cyclones | 0,33 | |
| Adoption de stratégies d'adaptation | 0,32 | |
| Participation à des actions collectives de prévention | 0,32 | |
| Niveau d'instruction du chef de ménage | 0,29 | |
| Efficacité des mesures d'adaptation | 0,27 | |
| Soutien des ONG/associations | 0,27 | |
| % des membres du ménage ayant un emploi | 0,25 | |
| Principale source de revenu | 0,25 | Relation moyenne |
| Possession de terres agricoles et de bétail | 0,25 | |
| Revenu moyen mensuel en Ariary | 0,22 | |
| Accès aux marchés | 0,19 | |
| Accès aux soins de santé | 0,18 | |
| Bénéficiaire de transfert d'argent | 0,18 | |
| Accès aux écoles | 0,17 | |
| Maison endommagée ou détruite | 0,16 | Relation faible |
| Age du chef du ménage | 0,15 | |
| Taille du ménage | 0,13 | |
| Ampleur de dégâts sur les moyens de subsistance | 0,13 | |
| Pertes agricoles dues aux cyclones | 0,10 | |
| Statut d'occupation du logement | 0,10 | |
| Prêts aux ménages | 0,06 | Relation très faible |

3.3- Variation spatiale de la vulnérabilité des ménages aux cyclones

La valeur obtenue pour l'indice de Moran est de 0,077. Cette valeur positive proche de zéro indique que les valeurs de l'indice de vulnérabilité sont réparties de manière aléatoire, c'est-à-dire sans suivre un schéma spatial particulier (Carte 2). La valeur attendue sous l'hypothèse nulle (absence d'autocorrélation spatiale) est -0,002786. Le z score révèle qu'il y a moins de 10% de probabilité que le modèle groupé puisse être le résultat du hasard. La p-value 0,055 indique une absence de significativité (Figure 10).

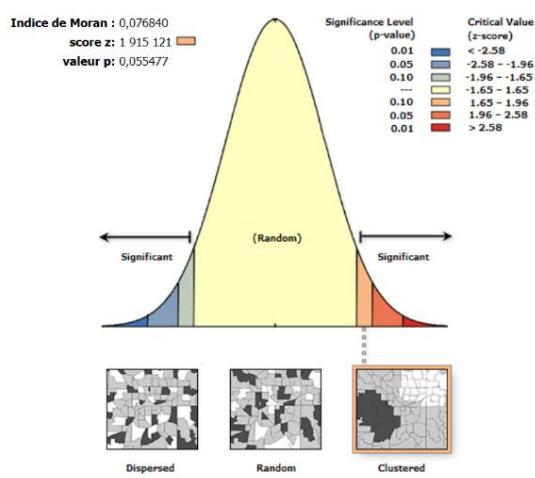
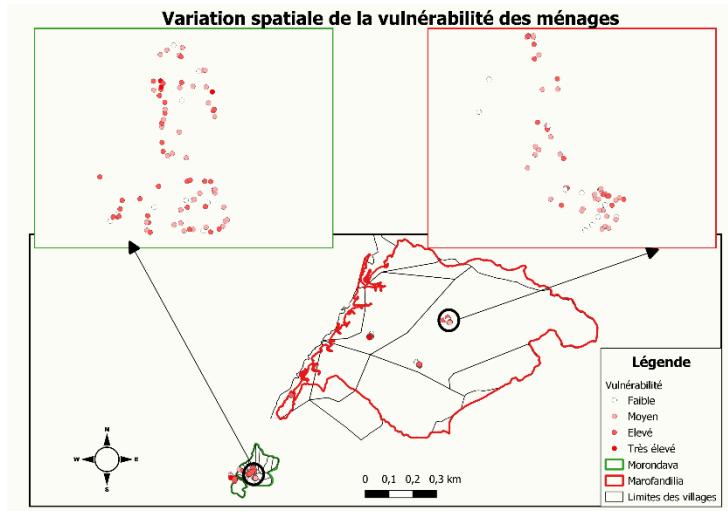


Figure 10 : Résultats de l'indice de Moran



Carte 2 : Variation spatiale de la vulnérabilité des ménages

CHAPITRE IV. DISCUSSIONS

4.1- Facteurs contribuant à la vulnérabilité des ménages des communes étudiées face aux cyclones

4.1.1- Caractéristiques sociodémographiques

Moins de 30% de femmes ont été enquêtées (Figure 2a). Cette moindre proportion, comparativement aux hommes, reflète d'une part des rôles sociaux et économiques différents (Mondal *et al.*, 2022 ; INSTAT, 2020) et d'autre part le fait que les hommes sont majoritairement responsables de certaines activités économiques affectées par les cyclones et qu'ils prennent une part plus active dans les efforts de préparation et des réponses aux cyclones (Hummell *et al.*, 2016). Aussi, ce faible nombre de femmes peut être dû au fait que la période durant laquelle l'enquête a été réalisée correspondait à la récolte de l'arachide dans le DM ou le rôle des femmes est crucial. Il est à préciser que pour d'autres études portant sur la vulnérabilité des ménages du DM ces facteurs doivent être pris en compte. Car, une attention particulière devrait être portée sur les femmes du fait qu'elles peuvent avoir des besoins et des vulnérabilités spécifiques nécessitant des interventions ciblées.

Il existe une disparité dans le niveau de l'éducation entre les deux communes (Figure 2b). À Marofandilia, la proportion d'individus ayant une éducation primaire est plus élevée qu'à Morondava. Cela peut suggérer que, bien que l'accès à l'éducation primaire soit relativement bon à Marofandilia, la progression vers des niveaux d'éducation plus élevés reste limitée et/ou que les habitants de Marofandilia migrent vers Morondava pour poursuivre leurs études. La différence marquée entre les deux communes au niveau de l'éducation indique que Morondava, la capitale du district, offre un meilleur accès ou incitation à poursuivre des études au niveau supérieur par rapport à Marofandilia (INSTAT, 2020). Aussi, la majorité de la population de Morondava réside à moins d'un 1,3 km des écoles (Tableau 5). Les individus plus éduqués sont généralement mieux informés des risques et des mesures de prévention du fait qu'ils ont un meilleur accès et une meilleure compréhension des informations météorologiques et des alertes (Rahman *et al.*, 2023 ; Sen *et al.*, 2022). L'éducation favorise l'adoption de nouvelles technologies et de pratiques agricoles résilientes pouvant réduire les impacts des cyclones. La faible proportion d'individus éduqués à Marofandilia pourrait contribuer à limiter leurs capacités de préparation et d'adaptation aux cyclones.

Le statut matrimonial des ménages enquêtés varie d'une commune à une autre. En effet, la proportion de veufs (ves), de mariés (es) est plus élevée à Morondava alors que celle des personnes divorcées et célibataires est plus élevée à Marofandilia (Figure 3). Les individus en union ont souvent accès à un réseau de soutien plus robuste en cas d'une catastrophe quelconque contribuant, ainsi, à améliorer leur résilience. En revanche, les veufs(ves), les célibataires et les divorcé(e)s sont plus vulnérables en raison de l'absence de soutien immédiat d'un partenaire (Rana et Routray, 2018). En ce sens, les taux plus élevés de divorce et de célibat constaté à Marofandilia dans le cadre de cette étude pourraient indiquer une plus forte vulnérabilité de ladite commune aux cyclones.

La distribution de l'âge des chefs de ménages enquêtés montre une population relativement jeune avec quelques personnes âgées (Figure 4a). En effet, Madagascar est caractérisé par un taux de natalité

élevé et des pratiques coutumières stimulant les jeunes (surtout les hommes) à prendre en charge les responsabilités domestiques dès qu'ils sont en âge de travailler (INSTAT, 2020). Une population constituée majoritairement de jeune présente une vulnérabilité aux cyclones. En effet, les plus jeunes sont généralement plus dynamiques et adaptatives, mais potentiellement ceux ayant moins de ressources et moins expérimentées en termes de gestion de catastrophes. De même, les personnes âgées ayant une mobilité réduite et faisant face à un manque d'accès à l'information sont considérées comme vulnérables aux cyclones (Panahi *et al.*, 2016).

La majorité des ménages enquêtés ont une taille comprise entre trois (3) à cinq (5) personnes (Figure 4b). Cependant, les ménages ayant plus de 5 personnes sont majoritaires à Marofandilia. Cela peut s'expliquer par le fait que dans la culture malgache, les familles nombreuses sont perçues comme un signe de bénédiction et les enfants sont considérés comme une source de main-d'œuvre pour les travaux agricoles et domestiques (INSTAT, 2020). Aussi, dans la réalité malgache la cohabitation intergénérationnelle est courante. Les ménages dont la taille est grande sont plus vulnérables aux cyclones du fait qu'ils nécessitent des ressources et des stratégies de préparation spécifiques (Birkmann *et al.*, 2013) ; Cutter *et al.*, 2003). Sur la base de cet indicateur, on peut déduire que la commune de Marofandilia est plus vulnérable aux cyclones.

Une proportion significative de la population enquêtée à Marofandilia, soit 24,4%, vit à plus de 5 km des infrastructures de santé alors qu'à Morondava environ 43% de la population se trouve à moins de 2,5 km (Tableau 5). Cela peut s'expliquer par le fait que ladite commune est la capitale du district. La proximité d'une population aux soins de santé est cruciale pour répondre rapidement aux urgences médicales réduisant ainsi les complications graves lors d'une catastrophe quelconque (Rana et Routray, 2018). Aussi, la proximité aux services de soins et aux établissements d'enseignement facilite i) l'accès aux programmes de sensibilisation et de préparation aux cyclones, ii) la coordination des interventions d'urgence. En considérant cet indicateur, la vulnérabilité de la population de Morondava aux cyclones est moindre comparativement à celle des habitants de Marofandilia.

La proportion de maisons construites avec des matériaux précaires est élevée au niveau des deux communes alors que celles construites avec des matériaux durables y est très faible (Figure 5). Aussi, l'insuffisance d'infrastructure routière et des coûts de transport élevés obligent la population du district de Morondava à utiliser les matériaux locaux comme le bois, la paille et la terre moins résistants. En ce sens, la moitié des habitations dans le district de Morondava sont susceptibles d'être endommagées en cas de cyclone. Ce facteur traduit la vulnérabilité du DM aux cyclones. Cela est d'autant plus poussé à Marofandilia où on observe une légère prépondérance des maisons construites à base de matériaux précaires.

4.1.2- Caractéristiques économiques

La répartition des activités génératrices de revenus varie d'une commune à une autre. Les salariés et travailleurs indépendants sont plus nombreux à Morondava. Alors que l'agriculture en est la principale à Marofandilia (Figure 6). La commune de Morondava, capitale du DM, est caractérisée par une diversité économique. Une plus grande proportion de ménage a un revenu élevé comparativement à Marofandilia (Tableau 6). La majorité des agriculteurs gagnent moins de 350 000 Ariarys

mensuellement. Cela peut s'expliquer par le fait que l'agriculture est pratiquée à petite échelle avec une productivité limitée en raison des méthodes agricoles traditionnelles (INSTAT, 2020). Les agriculteurs dépendent des conditions climatiques rendant ainsi leurs revenus variables et faibles. À Madagascar la majorité de produits de pêche est destinée à l'exportation. En ce sens, ils sont localisés à proximité des centres urbains pour un meilleur accès aux marchés publics. C'est ce qui explique le fait qu'ils sont légèrement plus nombreux à Morondava.

Ces résultats font dans le même sens que les études menées par Bryan *et al.* (2009) et Zervogel *et al.* (2006) à Madagascar. Se basant sur cela on peut dire que cette dépendance à l'agriculture fait de Marofandilia une commune particulièrement à risque en cas de cyclone. Alors que Morondava est moins vulnérable aux cyclones compte tenu du fait que les salariés bénéficient, généralement, d'une stabilité économique relative et d'un accès plus facile aux ressources et aux infrastructures, incluant les assurances et les aides en cas de catastrophe.

4.1.3- Perception des ménages des risques cycloniques

D'une manière générale, tous les habitants du DM ont une certaine connaissance du risque cyclonique. Morondava présente une expérience plus uniforme avec presque toutes les localités ayant des pourcentages élevés de réponses « Oui ». Marofandilia, en revanche, montre une variabilité plus grande dans l'expérience des cyclones avec certaines localités notamment Beroboka Atsimo ayant une expérience moins uniforme des cyclones (Figure 7a). Cela peut s'expliquer par le fait que Morondava, située plus près de la côte, fait face à une exposition plus directe et constante aux cyclones. Elle subit de plein fouet les impacts des cyclones et risques associés. C'est ce qui explique aussi la perception des ménages de la gravité et la fréquence élevée des cyclones (Figure 7c). La majorité des villages enquêté à Marofandilia se trouve à l'intérieur des terres et sont, du coup, partiellement protégé par les cyclones. En outre, Morondava a une meilleure accessibilité à l'information et aux programmes de sensibilisation aux cyclones comparativement à Marofandilia. Cela rend les habitants plus conscients des cyclones et de leur fréquence.

Freddy et Gafilo sont les cyclones les plus mentionnés par les ménages (Figure 7b) en raison de leur impact significatif en termes de dégâts matériels, pertes humaines et de perturbations sociales. Ayant touché le district de Morondava en février 2023 en tant que cyclone de catégorie 3 avec des rafales allant jusqu'à 180km/h (<https://www.nesdis.noaa.gov/news/tropical-cyclone-freddy-breaks-records-lashing-madagascar>), Freddy est naturellement plus présent dans les mémoires. Gafilo, malgré son ancienneté relative (mars 2004), reste mémorable en raison de son impact historique majeur. En effet, Gafilo est considéré comme le cyclone le plus meurtrier à avoir frappé Madagascar (<https://yaleclimateconnections.org/2022/02/category-3-tropical-cyclone-emnati-headed-for-vulnerable-madagascar/>). Il faut préciser que ces deux cyclones ont traversé le district à deux reprises.

4.1.4- Stratégies d'adaptation

Plus de 30% des ménages de Marofandilia ne participent pas aux actions communautaires de prévention contre les cyclones (Tableau 7). La différence dans les taux de participation est statistiquement significative. Ces différences peuvent être attribuées à des facteurs socio-économiques géographiques spécifiques aux deux communes. En effet, des facteurs comme des niveaux de

sensibilisation et d'éducation, les accès aux ressources et aux infrastructures nécessaires pour participer à de telles actions sont plus facilités à Morondava, la capitale du district. D'autres facteurs tels une faible cohésion sociale ou un manque d'incitations à participer aux actions collectives jointes à la dispersion dans l'espace des villages dans l'espace géographique peuvent aussi expliquer la faible participation des ménages de Marofandilia aux actions communautaires. En effet, des études ont montré que les communautés avec des niveaux élevés de cohésion sociale et de soutien communautaire peuvent mieux s'organiser et se remettre des catastrophes (Lanlan *et al.*, 2024). Compte tenu de cela, on peut dire que les habitants de Marofandilia sont plus exposés aux cyclones que ceux de Morondava.

Très peu d'agriculteurs ont mentionné qu'ils ont modifié leurs systèmes agricoles en raison des impacts des cyclones (Figure 9). Cette adoption limitée de pratiques agricoles plus résilientes aux cyclones peut être due à de faibles niveaux de revenus, faible niveau d'éducation et d'information (Madison, 2007).

4.2- Évaluation de la vulnérabilité aux cyclones

Le test de Cramer a montré que certains indicateurs, comme le sexe du chef de ménage, le type de famille, la qualité de l'habitat et la connaissance du risque cyclonique, ont des liens directs et cruciaux avec la vulnérabilité des ménages aux cyclones (Tableau 9). En effet, une bonne connaissance des causes des cyclones et de leurs impacts permet aux ménages de mieux se préparer contre les cyclones. Les ménages ayant vécu des cyclones auparavant ont appris à s'adapter. À Madagascar, les CM de sexe féminin font face à des barrières sociales. Cela limite l'adoption des stratégies plus efficaces contre les cyclones. Ces résultats vont dans le même sens que celles réalisées par Kawyitri et Shekhar, 2021 ; INSTAT, 2020 ; Phung *et al.* (2016) ; Cutter *et al.* (2003).

En revanche, les caractéristiques économiques ont un impact moins significatif sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones. En tenant compte de la réalité malgache particulièrement celle du DM, il est possible d'affirmer que des éléments comme la solidarité communautaire et la diversification des sources de revenus jouent un rôle essentiel dans la réduction de la vulnérabilité liée au revenu. Une étude menée par Gondard-Delcroix C. et Rousseau S. (2004) a mis en lumière que les ménages dont l'agriculture constitue l'activité principale incorporent d'autres activités dans leur stratégie économique. Cette diversification a pour but de maximiser la rentabilité des revenus agricoles et d'assurer une source de revenus relativement stable. Par ailleurs, des contraintes liées à l'accès à la terre obligent ces ménages à diversifier leurs activités économiques. Cependant, dans le cadre de cette étude, ni la diversification des activités économiques ni les contraintes liées à l'accès à la terre n'ont été considérées. De plus, l'apport des autres activités au revenu global des ménages n'a pas été pris en compte. En ce sens, on peut dire que la résilience des ménages aux cyclones peut être sous-estimée.

Concernant l'accès aux services de santé, il est possible que ce facteur n'ait pas montré d'influence significative sur la vulnérabilité des ménages du fait de l'usage répandu des pratiques de soins traditionnels. En effet, de nombreux ménages, particulièrement ceux se trouvant à une grande distance des soins de santé pourraient se recourir à des méthodes de guérison ancestrales et à la médecine traditionnelle plutôt qu'à des services médicaux modernes. Ces pratiques traditionnelles de soins, bien enracinées dans les cultures locales, n'ont pas été intégrées ni évaluées dans le cadre de cette étude.

Ainsi, l'impact de l'accès aux soins de santé formels pourrait être sous-estimé par le taux d'utilisation de ces alternatives qui ne sont pas quantifiées dans les analyses.

Il existe une variation significative de la vulnérabilité aux cyclones entre les deux communes (Tableau 8). Aussi, les plus fortes valeurs de vulnérabilité sont observées à Marofandilia. Pour expliquer cela, on peut se référer aux différentes disparités existantes entre les deux communes citées dans la section précédente (section 4.1). Aussi, le SAP a une plus grande couverture sur la commune de Morondava ce qui fait que les ménages sont plus conscients du risque, se préparent et réagissent mieux face aux cyclones.

4.3- Variation spatiale de la vulnérabilité des ménages aux cyclones

La vulnérabilité des ménages aux cyclones varie considérablement au sein d'un même village. Cette variabilité peut être expliquée par les disparités socio-économiques, les différences dans les caractéristiques des logements et la culture du risque existant entre ménages au sein d'un même village. Ces disparités influencent la manière dont les ménages subissent les effets des cyclones. Les conditions économiques de chaque ménage influencent leur capacité à se préparer et réagir face aux cyclones. Les familles ayant un niveau économique relativement plus élevé peuvent investir dans des infrastructures plus résistantes. En revanche, les plus pauvres disposent souvent de moyens limités ce qui augmente leur vulnérabilité. Les études réalisées par Ghosh et Mistri en 2023 ont permis de mettre en évidence l'impact significatif de ces inégalités sur la résilience des ménages aux cyclones. Ils ont montré que les ménages avec des revenus plus élevés et un meilleur accès aux ressources sont mieux équipés pour anticiper les risques.

Selon Jena *et al.* (2024), les différences dans la construction et la qualité des habitations au sein d'un même village entraînent des différences significatives dans la manière dont les cyclones impactent les familles. Les maisons construites avec des matériaux solides et des techniques résistantes aux intempéries associées aux cyclones sont mieux protégées. À l'inverse, les habitations moins robustes subissent davantage de dégâts.

La culture du risque englobant la perception et les comportements des individus face aux menaces naturelles est un facteur déterminant dans la vulnérabilité. La sensibilisation et l'éducation sur les risques climatiques varient d'un ménage à l'autre ce qui influence leur préparation et leur réaction aux cyclones. Les familles ayant une culture du risque bien développée sont plus aptes à adopter des mesures préventives et à réagir efficacement en cas de catastrophe. En revanche, un manque de sensibilisation et de préparation peut entraîner des réactions inappropriées, augmentant ainsi la vulnérabilité des ménages (Ng, 2022).

Étant donné que le p-value est très proche du seuil critique, il serait utile de réaliser des études supplémentaires avec des échantillons plus grands ou des méthodes alternatives pour confirmer les tendances de variation de la vulnérabilité au niveau des villages. Aussi, ces études doivent intégrer d'autres variables supplémentaires non prises en compte dans celle-ci. Pour voir quel indicateur pèse le plus sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones, il serait mieux de faire des subdivisions et de les regrouper en des sous-indices.

CHAPITRE V. CONCLUSION

Madagascar est l'un des pays du continent africain les plus vulnérables aux cyclones. Bien que la quasi-totalité du territoire soit touchée par les cyclones les régions de l'est, du nord-est et de l'ouest ont été les plus touchées. Cependant, il est constaté un déplacement de ces évènements vers le sud du pays notamment le district de Morondava. Ce dernier subit de plein fouet les impacts dévastateurs des cyclones se manifestant par des décès, des déplacements, des infrastructures routières et des maisons détruites et endommagées, des pertes agricoles, et tant d'autres. Les recherches portant sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones restent limitées. En ce sens, cette étude tente d'identifier et d'analyser les facteurs concourant à la vulnérabilité des ménages aux cyclones, estimer le niveau de vulnérabilité et analyser la variation spatiale de la vulnérabilité aux cyclones au niveau des communes de Marofandilia et Morondava qui présente les caractéristiques dudit district.

Un indice de vulnérabilité aux cyclones regroupant 29 indicateurs a été développé. Cet indice prend en compte des facteurs i) sociodémographiques tels que : l'âge du chef de ménage, son sexe, son niveau d'instruction, la taille du ménage, le pourcentage de personnes ayant un emploi et les caractéristiques du logement, ii) économiques tels que le revenu moyen mensuel, la principale source de revenus et iii) la culture du risque des ménages. Les résultats ont montré que la vulnérabilité des ménages résulte de l'interconnexion d'une pluralité de facteurs. Cependant, le V de Cramer montre que certains facteurs comme la connaissance du risque cyclonique, la qualité de l'habitat, le type de famille et le sexe du chef de ménage ont un impact significatif sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones. Ceux-ci dit l'hypothèse selon laquelle « *les caractéristiques sociodémographiques telles que le sexe du chef de ménage, la qualité de l'habitat influencent fortement la vulnérabilité aux cyclones* » est confirmée. En ce qui concerne les stratégies d'adaptation mises en place telles que le renforcement des structures d'habitat et la mise en place de barrières anti-inondations, elles sont jugées utiles et suffisantes par plus de 50% des enquêtés. Cependant, la participation aux actions collectives de prévention varie considérablement entre les deux communes. De même que la perception des risques cycloniques par les ménages.

L'indice calculé s'étend de 0,29 à 0,70. Marofandilia présente une vulnérabilité légèrement plus élevée par rapport à Morondava en partie à cause de la dépendance des ménages à l'agriculture et leur faible connaissance du risque cyclonique. En effet, les valeurs de vulnérabilité très élevées ($IVC > 0,60$) et élevées ($0,50 < IVC < 0,60$) sont majoritairement à Marofandilia alors qu'à Morondava les valeurs de vulnérabilité faible ($IVC < 0,4$) et moyenne ($0,40 < IVC < 0,50$) sont les plus nombreuses. En effet, 18,61% des ménages de Marofandilia ont une vulnérabilité élevée aux cyclones et 2,77% une vulnérabilité très élevée. À Morondava 13,33% et 25,83% des ménages enquêtés ont, respectivement, une vulnérabilité faible et moyenne. Sur la base de ces fréquences, on peut dire que les ménages de Marofandilia sont plus vulnérables aux cyclones. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle « *la commune de Marofandilia est plus vulnérable aux cyclones que celle de Morondava* » est confirmée.

L'indice de Moran ayant une valeur proche de zéro, soit 0,076840, indique les valeurs de vulnérabilités sont reparties de manière aléatoire, qu'elles ne suivent pas un schéma spatial particulier au niveau des communes. En d'autres termes, les plus fortes valeurs de vulnérabilité, tout comme les

plus faibles, ne sont pas regroupées. Les facteurs que l'on peut avancer pour élucider cela sont entre autres les disparités socio-économiques persistantes entre les ménages d'un même village voir d'une même commune. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle « *les valeurs similaires de vulnérabilité sont regroupées. Il, existe alors une autocorrélation spatiale positive* » est infirmée. Ces résultats traduisent une situation de vulnérabilité structurelle à Madagascar particulièrement dans le district de Morondava. Les facteurs ayant un impact significatif sur la vulnérabilité de ménages aux cyclones sont des domaines prioritaires d'intervention. En revanche, les relations faibles et très faibles montrent que certains facteurs sont insuffisants pour protéger efficacement les ménages contre les cyclones dans le contexte actuel.

Cette étude fournit une base solide pour comprendre les facteurs de vulnérabilité face aux cyclones. Cependant, des recherches supplémentaires, intégrant les facteurs environnementaux et une analyse plus approfondie des systèmes de gestion des risques, doivent être entreprises afin de mieux appréhender la vulnérabilité de ménages. Et, ainsi, contribuer à une meilleure préparation et à une réduction des risques de catastrophes cycloniques dans le district.

Sur la base des résultats obtenus, nous faisons les recommandations suivantes :

- **aux autorités locales et nationales** : i) améliorer l'accès à l'éducation et aux services de santé pour augmenter la résilience des communautés notamment celle de Marofandilia ; ii) renforcer les efforts de sensibilisation des communautés aux risques cycloniques ; iii) mettre un mécanisme de feedback afin d'améliorer la performance et l'efficacité du système d'alerte précoce ;
- **aux ONG et organisations internationales** : i) inciter les communautés à prendre part aux initiatives locales notamment le reboisement et la protection des forêts de mangroves ;
- **aux chercheurs** : i) poursuivre les recherches sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones en intégrant d'autres aspects comme les facteurs environnementaux, le déplacement des personnes et les politiques de gestion ; ii) développer des modèles prédictifs qui prennent en compte le changement climatique.

Cette étude ouvre la voie à des recherches futures sur la gestion intégrée des risques cycloniques dans le district de Morondava. Une question de recherche potentielle pourrait être l'évaluation de l'efficacité du système d'alerte précoce et des interventions post-cycloniques, afin de proposer des améliorations aux stratégies de gestion des catastrophes dans un contexte de changement climatique.

VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aksha S. K., Juran, L., Resler, L. M., & Zhang Y., 2019. An Analysis of Social Vulnerability to Natural Hazards in Nepal Using a Modified Social Vulnerability Index. International journal of disaster risk science 10, 103-16. <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0192-7>
- Armah F.A., Bernard E., David O. Y., Odoi L. O., Afitiri A. R. & Nyieku F. E., 2018. Access to improved water and sanitation in sub-Saharan Africa in a quarter century. Heliyon, 4 : 11, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00931>
- Banque Mondiale, 2016. Profil de risque de catastrophe, Madagascar, 16
- Barnes E., 2022. Les mangroves comme solution à la crise climatique, <https://www.worldwildlife.org/stories/mangroves-as-a-solution-to-the-climate-crisis>
- Birkmann J., Cardona O. D., Carren M. L., Barbat A. H., Pelling M., Schneiderbauer S., Keiler M., Alexander D., Zeil P. & Welle T., 2013. Framing vulnerability, risk and societal responses: the move framework. Natural hazards, 67, 193-211, <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>
- BNGRC, Meteo Malagasy, CPGU, Banque Mondiale, 2018. Manuel de diffusion d'alerte aux cyclones à Madagascar. 22 pages
- Bozick R., 2021. The effects of Hurricane Harvey on the physical and mental health of adults in Houston. Health & place. 71, 102697. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102697>
- Bryan E, Deressa T. T., Gbetibouo G.A. & Ringler C., 2009. Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: options and constraints. Environmental science & policy, 12 : 4, 413-426. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.11.002>
- Cattiaux J., Chauvin F., Bousquet O., Malardel S. & Tsai C-L., 2020. Projected changes in the southern Indian Ocean cyclone activity assessed from high-resolution experiments and CMIP5 models. Journal of Climate 33: 12, 4975-4991. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0591.1>
- Charrua A. B., Padmanaban R., Cabral P., Bandeira S. & Romeiras M., 2021. Impacts of the Tropical Cyclone Idai in Mozambique: A Multi-Temporal Landsat Satellite Imagery Analysis. Remote sensing, 13:2. <https://doi.org/10.3390/rs13020201>
- Chejarla V. R., Mandla V. R., Palanisamy G. & Choudhary M., 2016. Estimation of damage to agriculture biomass due to Hudhud cyclone and carbon stock assessment in cyclone affected areas using Landsat-8. Geocarto International, 32:6, 589-602. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1161079>
- Chen X., Adams B. J., Platt W. J. & Hooper-Bui L.M., 2020. Effects of a tropical cyclone on salt marsh insect communities and post-cyclone reassembly processes. Ecography 43 : 6. 834-847. <http://dx.doi.org/10.1111/ecog.04932>
- CREAM, 2013. Centre de recherche, d'études et d'appui à l'analyse économique à Madagascar. Monographie de la région de Menabe
- CRED, 2024. Base de données du CRED. URL : [Public EM-DAT platform \(emdat.be\)](https://www.emdat.be/), (consulté le 4 juillet 2024)
- Cutter S. L., Boruff B. J., & Shirley W. L., 2003. Social vulnerability to environmental hazards. Social science quarterly, 84 :2, 242-261, <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>

ECHO, 2023. Madagascar-Cyclone Tropical CHENESO, mise à jour (GDACS, MétéoFrance, BNGRC, Météo Madagascar) (Flash Quotidien ECHO du 25 janvier 2023)

FERDI et BAD, 2021. Mesurer les diverses formes de vulnérabilité pour en quantifier l'impact : Un nouveau cadre conceptuel appliqué au cas de Madagascar. Madagascar, 116

FUN, 2017. Le test de Cramer : mesurer l'intensité des relations entre variables. Contenu du cours 92001, FUN-MOOC

Gain A. K., Mojtahe V., Biscaro C., Balbi S. & Giupponi C., 2015. An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City. Natural Hazards, 79, 1499-1530, <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1911-7>

Ghosh S. & Mistri B., 2023. Cyclone-induced coastal vulnerability, livelihood challenges and mitigation measures of Matla–Bidya inter-estuarine area, Indian Sundarban. Natural Hazards 116, 3857–3878. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05840-2>

Gondard-Delcroix C. & Rousseau S., 2004. Vulnérabilité et Stratégies durables de gestion des risques : Une étude appliquée aux ménages ruraux de Madagascar. Développement durable et territoires, 15 : 2, <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.1143>

Hahn M. B., Riederer A. M. & Foster S. O., 2009. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change: A case study in Mozambique. Global environmental change, 19:1, 74-88, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>

Hamidi A. R., Zeng Z. & Khan A. M., 2020. Household vulnerability to floods and cyclones in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. International Journal of Disaster Risk Reduction, 46. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101496>

Harvey C. A., Rakotobe Z. L., Rao Nalini S., Dave R., Razafimahatratra H., Rabarijohn R. H., Rajaofara H. & MacKinnon J. L., 2014. Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. Biologival sciences, 369: 1639, <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0089>

Hummell B.M.L., Cutter S. L. & Emrich C.T., 2016. ocial Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. International Journal of disaster risk science, 7, 111-122, <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>

INSTAT, 2020. Troisième recensement général de la population et de l'habitation de 2018 de Madagascar (RGPH-3)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. *Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Cambridge University Press.

Jamshed A., Rana I. A., Birkmann J. & Nadeem O., 2017. Changes in vulnerability and response capacities of rural communities after extreme events: case of major floods of 2010 and 2014 in Pakistan. Extreme events, 4:3, 1-29

Jena, S., Cao, S. & Gairola, A., 2024. ETRACTED ARTICLE: Cyclonic wind loads and structural mitigation measures – vulnerability assessment of traditional housings in Odisha. Journal of earth system science, 133: 52, <https://doi.org/10.1007/s12040-024-02255-w>

Jones R. B., Guha-Sapir D., & Tubeuf S., 2022. Human and economic impacts of natural disasters: can we trust the global data? Scientific Data 9:572 <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01667-x>

- Kawyitri N. & Shekhar, 2021. Assessing vulnerability and capacity of Bhubaneswar as a progressive smart-city: An empirical case study of Fani cyclone impact on the city. International journal of disaster risk reduction, 56:1, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101986>
- Kumar R., Rani S. & Maharana, P., 2021. Correction to: Assessing the impacts of Amphan cyclone over West Bengal, India: a multi-sensor approach. *Environmental Monitoring and assessment* 193: 384. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09124-9>
- Kunze S., 2021. Unraveling the Effects of Tropical Cyclones on Economic Sectors Worldwide: Direct and Indirect Impacts. *Environmental and Resource Economics*, 78: 4. 545-569. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00541-5>
- Lanlan, J., Sarker, M.N.I., Ali, I., Radin Firdaus R. B., & Hossin A., 2024. *et al.* Vulnerability and resilience in the context of natural hazards: a critical conceptual analysis. *Environment, development and sustainability*, 26, 19069-19092, <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03440-5>
- Lee, J., Im J., Cha D-H., Park H. & Sim S., 2020. Tropical cyclone intensity estimation using multi-dimensional convolutional neural networks from geostationary satellite data. *Remote Sensing*, 12 : 1, 101-108, <https://doi.org/10.3390/rs12010108>
- Lemena H. K., Ralitera J. C., Salava J. & Randrianalijaona M., 2021. Résilience communautaire et participation paysanne à l'évaluation des risques à Madagascar : importance de l'approche participative. *Communication, technologies et développement*, 16 : 9. <https://doi.org/10.4000/ctd.4021>
- Lewis R. J. & Bannar-Martin K. H., 2011. The Impact of Cyclone Fanele on a Tropical Dry Forest in Madagascar. *Biotropica*, 44 :2, 135-140. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00799.x>
- Madison D., 2007. *La perception et l'adaptation au changement climatique en Afrique*. Document de travail de recherche sur les politiques de la Banque mondiale 4308. Washington, DC : Banque mondiale.
- Mallick B., Rahaman K.R. & Vogt J., 2011. Social vulnerability analysis for sustainable disaster mitigation planning in coastal Bangladesh. *Disaster Prevention and Management* 20 :3, 220-237.
- Mavume A. F., Rydberg L., Rouault M. & Lutjeharms J., 2010. Climatology and landfall of tropical cyclones in the South-west Indian Ocean. Western Indian Ocean. *Journal of Marine Science* 8:1. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v8i1.56672>
- Mazumdar J. & Paul S. K., 2016. Socioeconomic and infrastructural vulnerability indices for cyclones in the eastern coastal states of India. *Natural hazards*, 82: 9, 1621-1643, <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2261-9>
- Mendelsohn R., Emanuel K., Chonabayashi S. & Bakkensen L., 2012. The impact of climate change on global tropical cyclone damage. *Nature Climate Change*, 2 :3. 205–209. <https://doi.org/10.1038/nclimate1357>
- Michel D., Gherardi M., Charrier S., 2020. Adaptation aux cyclones et au risque de submersion marine dans les communes littorales de Guadeloupe. *EchoGéo* 51. <https://doi.org/10.4000/echogeo.19207>
- Mondal M., Biswas A., Bhattacharya S. & Paul S., 2022. Community readiness to cyclone induced multi-hazards: Evidence from villages of Indian Sundarban. *Safety in extreme environments*, 4, 193-210, <https://doi.org/10.1007/s42797-022-00059-z>
- NESDIS, 2023. <https://www.nesdis.noaa.gov/news/tropical-cyclone-freddy-breaks-records-lashing-madagascar>, consulté le 1 août 2023.

Ng S.L., 2022. Effects of Risk Perception on Disaster Preparedness Toward Typhoons: An Application of the Extended Theory of Planned Behavior. International journal of disaster risk science, 13, 100-113, <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00398-2>

OCHA, 2023. Madagascar: Humanitarian Response Dashboard (January - June 2023). URL : <https://reliefweb.int/report/madagascar/madagascar-humanitarian-response-dashboard-january-june-2023> consulté le 26 février

Oliveau S., 2010. Autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle. Espace géographique, 1, 51-64.

Otto F., Zachariah M., Wolski P., Pinto I., Barimalala R., Nhamtumbo B., Bonnet R., Vautard R., Philip S., Kew S., Luu L. N., Heinrich D., Vahlberg M., Singh R., Arrighi J., Thalheimer L., Van Aalst M., Li S., Sun J., Vecchi G. & Harrington L. J., 2022. Climate change increased rainfall associated with tropical cyclones hitting highly vulnerable communities in Madagascar, Mozambique & Malawi

Pandey R., Kumar Jha S., Alatalo J., Archie K. M. & Gupta A. K., 2017. Sustainable livelihood framework-based indicators for assessing climate change vulnerability and adaptation for Himalayan communities. Ecological indicators, 79, 338-346, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.047>

Panthi J., Aryal S., Dahal P., Bhandari P., Krakauer N. & Prasad P. V., 2016. Livelihood vulnerability approach to assessing climate change impacts on mixed agro-livestock smallholders around the Gandaki River Basin in Nepal. Regional environmental change, 16, 1121-1132, <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0833-y>

Patri P., Sharma P. & Patra S. K., 2022. A multidimensional model for cyclone vulnerability assessment of urban slum dwellers in India: A case study of Bhubaneswar city. International journal of disasters, 83, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103439>

Phung D., Rutherford S., Dwirahmadi F., Chu C., Manh Do C., Nguyen T. & Duong N., 2016. The spatial distribution of vulnerability to the health impacts of flooding in the Mekong Delta, Vietnam. International journal of biometeorology, 60, 857-865, <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1078-7>

Poompavai V. & Ramalingam M., 2012. Geospatial analysis for coastal risk assement to cyclones. Indian Soc Remote Sens 41 :1, 157-176.

Rahman M., Arif S. I., Hossain T., Almohamad H., Al Dughairi A., Al-Mutiry M. & Abdo H. G., 2023. Households' vulnerability assessment: empirical evidence from cyclone-prone area of Bangladesh. Geoscience letters, 10:26, <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00280-z>

Rajasree V.P.M., Xi Cao, Hamish R., Ocasio K. M. N., Kilroy G., George R. A., Chang M., Nam C. C., Fudeyasu H., Teng H-F., Hui Y., 2023. Tropical cyclogenesis: controlling factors and physical mechanisms. Tropical cyclone research and review, 12: 3, 165-181, <https://doi.org/10.1016/j.tcrr.2023.09.004>

Rakotoarison T. R., Hajalalaina, Raonivelono A., Raherinirina & Zojana R. T., 2021. Spatial Analysis of Risks and Vulnerabilities to Major Hazards in Madagascar Using the Multi-Criteria Method Based on the Analytical Hierarchy Process (AHP). Journal of geoscience and environment protection, 9: 5, <https://doi.org/10.4236/gep.2021.95003>

Rana I. A & Routray J. K., 2018. Multidimensional Model for Vulnerability Assessment of Urban Flooding: An Empirical Study in Pakistan. International Journal of disaster, 9, 359-375, <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0179-4>

Ranaivojaona S. B. & Ranariojoana H. L. T., 2021. Dynamique écologique de la mangrove périurbaine de Mahajanga : approche écosystémique et par télédétection. Revue des sciences, de technologies et de l'environnement, 4

Randriamahefasoa T.S.M. & Reason C.J.C., 2017. Interannual variability of rainfall characteristics over southwestern Madagascar. Theoretical and applied climatology, 128, 421-437, <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1719-0>

Randrianarivelo M. N., 2021. Optimisation de la planification relative aux risques et catastrophes d'origine hydrométéorologique et climatique à Madagascar. Mémoire de master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes, Université de Liège, Belgique+, 96.

Rivett M. O., Laurent-Charles T-L., Carter R., Thétard R. C., Tengatenga M., Phoya A., Mbalame E., Mchilikizo E., Kumwenda S., Mleta P., Addison M. J. & Kalin R. M., 2022. Acute health risks to community hand-pumped groundwater supplies following Cyclone Idai flooding. Science of the total environment 806: 2. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150598>

Scheuer S., Haase D. & Meyer V., 2011. Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability. Natural hazards, 58, 731-751, <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9666-7>

Sen S., Nayak NC & Mohanty WK., 2023. Impact of tropical cyclones on sustainable development through loops and cycles: evidence from select developing countries of Asia. *Empirical Economics* 65, 2467–2498. <https://doi.org/10.1007/s00181-023-02431-9>

Siddik, A., Reza A. & Towfiqul I., 2024. Systematic review of cyclonic disaster: Damage-loss, consequences, adaptation strategies, and future scopes. Heliyon 10: 12, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33345>

Suzzi-Simmons A., 2023. Status of deforestation of Madagascar. Global Ecology and Conservation 42, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02389>

Sydnor S., Niehm L., Lee Y., Marshall M. & Schrank H., 2017. Analysis of post-disaster damage and disruptive impacts on the operating status of small businesses after Hurricane Katrina. *Natural Hazards* 85, 1637–1663. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2652-y>

Taïbi A. N., Rakotoarisoa M. M., Champin L., Fleurant C., & Théodore R. M., 2017. Méthode d'analyse de la vulnérabilité aux inondations à Toliara (sud-ouest Madagascar). Geo-Eco-Trop, 41 :3, 455-462

Thouret J-C. & D'Ercole R., 2015. Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales. Cahier des sciences humaines, 32 :2, 407-422

Tsipy Z. & Blue ventures, 2021. The Tahiry Honko project: Community-led mangrove management to protect coastal ecosystems and livelihoods in the Bay of Assassins, Southwest Madagascar

Tychon B., 2023. Système d'alerte précoce, Université de Liège, notes de cours.

UN Habitat, 2016. Plan d'action pour la résilience urbaine, commune urbaine de Morondava 2017-2027, rapport, 44

UNDRR, 2024. Hitting the ground before disaster strikes: The evolution of DRR in Madagascar. URL: [The evolution of DRR in Madagascar | UNDRR](https://www.unisdr.org/we-are/what-we-do/disaster-risk-reduction/evolution-of-drr-in-madagascar) (consulté le 6 juillet 2024)

USAID, 2018. Risques climatiques dans les zones urbaines et en voies d'urbanisation, Madagascar.

Walker B. B, Cameron T-N., Tabbernor A., Mckinnon T., Bal H., Bradley D., Schuurman N. & Clague J. J., 2014. A multi-criteria evaluation model of earthquake vulnerability in Victoria, British Columbia. *Natural hazards*, 74, 1209-1222, <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1240-2>

Walsh K.J.E., Camargo J., Knutson T., Kossin J., Lee T.-C., Murakami H. & Patricola C., 2019. Tropical cyclones and climate change. ESCAP/WMO typhoon committee 8: 4, 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2020.01.004>

Weiskopf S. R., Cushing J. A., Morelli T., & Myers B. J. E., 2021. Climate change risks and adaptation options for Madagascar. *Ecology and Society* 26: 4. <https://doi.org/10.5751/ES-12816-260436>

Yale Climate Connections, 2023. <https://yaleclimateconnections.org/2023/02/category-3-cyclone-freddy-hits-madagascar/>, consulté le 1 août 2023.

Ziervogel G., Bharwani S. & Downing T.E., 2006. Adapting to climate variability: Pumpkins, people and policy. *Natural ressources Forum*, 30 : 4, 294-305, doi:10.1111/j.1477-8947.2006.00121.x

VIII. ANNEXES

Annexe 1. Questionnaire conçu pour les entretiens semi-structurés avec les populations

Données pré entretien

Nom de l'enquêteur :

Date et heure de l'enquête :

Région :

District :

Communes :

Fokontany :

Section 1 : Caractéristiques sociodémographiques des ménages

- 1- Etes-vous le chef du ménage ? Oui/Non
- 2- Si non, qui êtes-vous ? Conjoint/Parent/Enfant
- 3- Nom du chef du ménage :
- 4- Sexe du chef du ménage : Homme/Femme
- 5- Age du chef du ménage (101 : ne sais pas) :
- 6- Quel est le niveau d'instruction atteint par le chef de ménage ? Primaire/Premier cycle/Second cycle/supérieur/Aucun
- 7- Nombre total des membres du ménage :
- 8- Nombre total des membres du ménage ayant un emploi (de 15 à 64 ans) :
- 9- Statut matrimonial : Marié (e) ou en union/Célibataire/Veuf (e)/ Divorcé (e)
- 10- Milieu d'habitation : Rural/Urbain
- 11- Type d'habitation : Dur/Paillette/En terre/Autre
- 12- Toiture de l'habitation : Bozaka/Tôle/Autre
- 13- Statut d'occupation de l'habitation : Propriétaire/Locataire
- 14- L'électricité est-elle la principale source d'énergie utilisée par le ménage pour l'éclairage ?
Oui/Non

- 15- À quelle distance en temps (aller simple en minutes) se trouve votre ménage d'une source d'eau potable la plus proche ? Moins de 5 min/5-15 min/15-30min/30-60 min/1h-2h/Plus de 2h
- 16- À quelle distance en temps (aller simple en minutes) se trouve votre ménage d'une école primaire la plus proche ? Moins de 5 min/5-15 min/15-30min/30-60 min/1h-2h/Plus de 2h
- 17- À quelle distance en temps (aller simple en minutes) se trouve votre ménage d'un Hôpital de soin public le plus proche ? Moins de 5 min/5-15 min/15-30min/30-60 min/1h-2h/Plus de 2h
- 18- À quelle distance en temps (aller simple en minutes) se trouve votre ménage d'un Marché agricole le plus proche ? Moins de 5 min/5-15 min/15-30min/30-60 min/1h-2h/Plus de 2h
- 19- À quelle distance en temps (aller simple en minutes) se trouve votre ménage d'un Marché à bétail le plus proche ? Moins de 5 min/5-15 min/15-30min/30-60 min/1h-2h/Plus de 2h
- 20- À quelle distance en temps (aller simple en minutes) se trouve votre ménage d'un moyen de transport public (taxi brousse) le plus proche ? Moins de 5 min/5-15 min/15-30min/30-60 min/1h-2h/Plus de 2h
- 21- Les routes pour accéder aux marchés sont-elles praticables à toute saison ? Oui/Non

Section 2 : Caractéristiques socio-économiques des ménages

- 1- Principale activité source de revenu : Agriculture/Elevage/Pêche/Commerce/Artisanat/Autre.
- 2- À combien estimez-vous le revenu mensuel de votre ménage ? 0-30 000/30 000- 238 000/238 000- 350 000/350 000- 1 000 000/Plus de 1 000 000.
- 3- Avez-vous bénéficié de crédit au cours des 12 derniers mois ? Oui/Non
- 4- Combien de Moto / Bajaj /vélos/ Téléphones portables/ Charrues/ Motoculteurs (Kubota) [ACTIFS] les membres du ménage possèdent-ils ?
- 5- Avez-vous bénéficié de crédit au cours des 12 derniers mois ? Oui/Non
- 6- Au cours des 12 derniers mois, quel pourcentage du revenu total du ménage provient des Transferts d'argent et assistance sociale ?
- 7- Quelle est la superficie totale des terres agricoles (possédées, louées ou utilisées) que le ménage possède / utilise en [hectares] ?
- 8- Combien de bétail (bovins, porcins, petits ruminants, volailles) possédez-vous ?
- 9- Quel est le montant total des transferts en espèces/nature provenant du gouvernement, ONG (aide alimentaire d'urgence, bétail, programmes de filet de sécurité, etc.) reçus au cours des 12 derniers mois par les membres du ménage ? (En Ariary)

10- Sur combien d'associations (Coopérative de producteurs, groupement féminin, groupement de jeunes, etc.), les membres du ménage peuvent-ils compter en cas de besoin ? (Réseaux)

Section 3 : Perception du risque cyclonique

- 1- Avez-vous déjà vécu un cyclone dans votre localité ? Oui/Non
- 2- Si oui, combien de fois ? Une fois/Plusieurs fois
- 3- Quelle est l'année du cyclone le plus important ? An passé/2 ans passés/3 ans passés/Plus de 3 ans
- 4- Quelle est l'ampleur des dégâts subis sur les moyens d'existence (champs, animaux et autres) ?
Pas du tout grave/Peu grave/Moyennement grave/Grave/Très grave
- 5- Il y a-t-il eu des pertes de production (agriculture, élevage) ? Oui/Non
- 6- Comment le cyclone le plus important a-t-il affecté votre ménage ? Perte de parcelle agricole /Perte de bétail/Maison inondée/Maison endommagée ou détruite/Autre
- 7- Selon vous, quelle est la fréquence des cyclones dans votre localité ? Une fois par an /Deux fois par an/Une fois tous les trois ans /Ne sais pas
- 8- Quel est le dernier cyclone que vous avez vécu dans votre localité ?
Chenesso/Freddy/Belna/Ava/Eliakim/Autre
- 9- Selon vous, pourquoi êtes-vous touché par les cyclones ? Position géographique (zone côtière) /Changement climatique/Dégénération des mangroves/Manque de ressources financières /Volonté de Dieu ou des ancêtres /Autre
- 10- Pensez-vous être suffisamment informé sur le comportement à adopter en cas cyclones ?
Oui/Non/Ne sais pas

Section 4 : Capacité adaptative

- 11- Avez-vous connaissance de pratiques agricoles permettant de réduire l'impact des cyclones sur les cultures ? Oui/Non
- 12- Quelles sont les Bonnes pratiques agricoles d'adaptation aux cyclones les plus utilisées ? Récolte précoce/Diversification des cultures/Plantation de haies /Autre
- 13- Quelles dispositions prenez-vous avant un cyclone par rapport à votre habitat ? Je ne fais rien/Je déplace les articles de s'endommager/J'effectue des travaux de protection/Je prie /Autre

14- Quelles dispositions prenez-vous pendant un cyclone par rapport à votre habitat ? Aucune action/Déménagement si nécessaire/ Protection des effets personnels/Prie les ancêtres/ Suivre les consignes des autorités locales /Autre

15- Avez-vous été déjà évacué lors d'un cyclone ? Oui /Non

16- Quelles transformations aviez-vous apporté à votre habitation lors du dernier cyclone par rapport à votre habitat ? Aucune action/Renforcement des structures (toiture et fondation de la maison) /Remblai/Elagage des arbres/Barrière anti-inondations et pare-vent (pour protéger fenêtres et portes) /Construire sur pilotis/ Autre

17- Comment jugez-vous ces transformations effectuées sur votre habitation ? Efficace/Très efficace/Peu efficace/Je ne sais pas

18- Comment êtes-vous informé ou averti d'un éventuel risque cyclonique ? Météo (radio, télévision) /Avertissement par les autorités locales (chef du village, Maire...) /Avertissement par les voisins, amis, connaissances/Observation personnelle/effet mémoire (signes avant-coureur) /Autre

19- Participez-vous à des actions collectives de prévention contre les cyclones ? Oui/Non

20- Si oui, quelles sont les actions collectives de préventions mise en œuvre dans votre localité auxquelles avez-vous pris part ? Conservation des sols /Plantation d'arbres le long de cours d'eau/Construction de digues, canaux de drainage/Plantation de haie brise-vent/Alerte précoce (SAP)/Autre

Annexe 2. Effets de certaines caractéristiques sociodémographiques et économiques sur la vulnérabilité des ménages aux cyclones

| Indicateurs | Modalités | Vulnérabilité des ménages (fréquence en %) | | | |
|--|---------------------|--|-------------------|----------------------|--------------------------|
| | | Élevé (0,50-0,60) | Faible (<0,40) | Moyen (0,40-0,50) | Très élevé (>0,60) |
| Revenu moyen mensuel en Ariary | 0-30 000 | 1,11 | 0 | 0,83 | 0 |
| | 30 000-238 000 | 12,78 | 2,22 | 11,11 | 2,22 |
| | 238 000-350 000 | 11,94 | 9,17 | 20,83 | 1,11 |
| | 350 000-1 000 000 | 3,06 | 6,94 | 11,67 | 0 |
| | > 1 000 000 | 0 | 1,94 | 3,06 | 0 |
| Accès aux soins de santé | <0,5 km | 3,89 | 3,06 | 6,67 | 0,28 |
| | 0,5-1,3 km | 6,94 | 6,39 | 14,72 | 0 |
| | 1,3-2,5 km | 5,56 | 7,22 | 12,78 | 0,56 |
| | 2,5-5 km | 2,78 | 1,67 | 3,06 | 0 |
| | >5 km | 9,72 | 1,94 | 10,28 | 2,5 |
| Accès aux marchés | <0,5 km | 1,94 | 3,33 | 3,89 | 0 |
| | 0,5-1,3 km | 10,83 | 7,78 | 16,68 | 0,83 |
| | 1,3-2,5 km | 4,72 | 6,11 | 13,33 | 0 |
| | 2,5-5 km | 1,11 | 1,11 | 2,5 | 0 |
| | >5 km | 10,28 | 1,94 | 11,11 | 2,5 |
| Taille du ménage | 1-3 | 4,44 | 0,83 | 3,89 | 0,56 |
| | 3-5 | 15 | 14,44 | 26,94 | 2,22 |
| | >5 | 9,44 | 5 | 16,67 | 0,56 |
| Age du chef du ménage | 18-24 ans | 2,5 | 0,28 | 1,94 | 0,56 |
| | 25-59 ans | 19,17 | 16,94 | 38,89 | 2,5 |
| | >59 ans | 7,22 | 3,06 | 6,67 | 0,28 |
| Sexe du chef de ménage | Femmes | 10,83 | 0,83 | 5,28 | 1,11 |
| | Homme | 18,06 | 19,44 | 42,22 | 2,22 |
| Type de famille | Monoparental | 11,39 | 10,56 | 6,39 | 1,39 |
| | Biparental | 17,5 | 19,72 | 41,11 | 1,94 |
| Niveau d'instruction du chef de ménage | Aucun | 10,27 | 0,83 | 9,17 | 1,11 |
| | Primaire | 12,78 | 2,5 | 14,17 | 1,94 |
| | Secondaire | 5,83 | 13,89 | 23,06 | 0,28 |
| | Supérieur | 0 | 3,06 | 1,11 | 0 |
| Type d'habitat | Matériaux durables | 28,6 | 7,2 | 17,2 | 0,8 |
| | Matériaux précaires | 18,9 | 21,7 | 3,1 | 2,5 |
| | Oui | 1,39 | 1,94 | 2,5 | 0 |
| Toiture de l'habitat | Bozaka (paille) | 21,67 | 3,06 | 18,89 | 2,5 |
| | Tôle | 7,22 | 17,22 | 28,61 | 0,83 |

| | | | | | |
|---|-------------------|-------|-------|-------|------|
| Connaissance des pratiques d'adaptation | Non | 27,5 | 18,33 | 45 | 3,33 |
| Connaissance des impacts des cyclones | Oui | 22,22 | 20,28 | 46,11 | 1,39 |
| | Non | 6,67 | 0 | 1,39 | 1,94 |
| Possession de terres agricoles et de bétail | Oui | 16,67 | 8,06 | 19,17 | 1,94 |
| | Non | 12,22 | 12,22 | 28,33 | 1,39 |
| Connaissance des causes des cyclones | Oui | 22,22 | 20,28 | 46,11 | 1,39 |
| | Non | 6,67 | 0 | 1,39 | 1,94 |
| Expérience passée aux cyclones | Oui | 22,22 | 20,27 | 46,11 | 1,39 |
| | Non | 6,67 | 0 | 1,39 | 1,94 |
| Soutien des ONG/associations | Oui | 5,56 | 10 | 18,33 | 0 |
| | Non | 23,33 | 10,27 | 29,17 | 3,33 |
| Réception d'information sur les cyclones | Oui | 7,67 | 16,94 | 29,44 | 0 |
| | Non | 21,23 | 3,34 | 18 | 3,32 |
| Adoption de stratégies d'adaptation | Oui | 20,59 | 15,28 | 42,5 | 3,33 |
| | Non | 8,29 | 4,99 | 5,5 | 0 |
| Pertes agricoles dues aux cyclones | Oui | 8,05 | 6,81 | 13,31 | 0 |
| | Non | 16,71 | 15,79 | 37,77 | 1,55 |
| Maison endommagée ou détruite | Oui | 18,33 | 12,5 | 34,17 | 1,11 |
| | Non | 10,56 | 7,78 | 13,33 | 2,22 |
| Ampleur de dégâts sur les moyens de subsistance | Ne sais pas | 1,54 | 0,62 | 0,93 | 0,31 |
| | Pas grave | 0,92 | 0,61 | 1,23 | 0 |
| | Moyennement grave | 4,94 | 8,33 | 17,9 | 0,62 |
| | Grave | 17,28 | 12,97 | 31,17 | 0,62 |
| Statut d'occupation du logement | Propriétaire | 23,61 | 18,61 | 40 | 2,78 |
| | Locataire | 5,28 | 1,67 | 7,5 | 0,56 |
| Prêts aux ménages | Oui | 2,22 | 2,5 | 4,72 | 0,28 |
| | Non | 26,67 | 17,78 | 42,78 | 3,06 |
| Possession d'actifs | Oui | 28,89 | 20,28 | 47,5 | 3,33 |
| | Non | | | | |
| Bénéficiaire de transfert d'argent | Oui | 5,56 | 1,11 | 9,72 | 0 |
| | Non | 23,33 | 19,17 | 37,78 | 3,33 |
| % des membres du ménage ayant un emploi | 0%-10% | 0 | 0 | 0 | 0,28 |
| | 11%-49% | 10,28 | 2,22 | 11,94 | 1,39 |
| | 50-100% | 18,61 | 18,06 | 35,56 | 1,67 |

| | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|------|
| Principale source de revenu | Agriculteur, éleveur, pêcheur | 22,22 | 8,06 | 29,72 | 3,33 |
| | Travailleur indépendant | 5 | 5,56 | 12,5 | 0 |
| | Salarié | 1,67 | 6,67 | 5,28 | 0 |
| Accès aux écoles | <0,5 km | 7,22 | 6,67 | 17,78 | 0,56 |
| | 0,5-1,3 km | 17,22 | 11,94 | 25,56 | 1,67 |
| | 1,3-2,5 km | 2,225 | 1,39 | 4,17 | 0,83 |
| | 2,5-5 km | 1,67 | 0 | 0 | 0 |
| | >5 km | 0,56 | 0,28 | 0 | 0,28 |
| Efficacité des mesures | Efficace | 10,83 | 14,67 | 33,61 | 0,83 |
| | Inefficace | 7,78 | 3,33 | 7,22 | 0 |
| | Je ne sais pas | 10,28 | 2,78 | 6,67 | 2,5 |
| Participation à des actions collectives de prévention | Non | 20,56 | 7,22 | 22,22 | 3,33 |
| | Oui | 8,33 | 13,06 | 25,28 | 0 |