

**Travail de fin d'études[BR] - Travail de recherche personnel,  
COLLÉGIALITÉ[BR] - Travail d'expertise interdisciplinaire, COLLÉGIALITÉ**

**Auteur** : Ahadi Mahamba, Jonathan

**Promoteur(s)** : 5864

**Faculté** : Faculté des Sciences

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

**Année académique** : 2022-2023

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/18751>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site 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'oeuvre 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-avant (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**  
**UNamur- Faculté des Sciences - Département de Géographie**

# **COEXISTENCE INONDATION-SÉCHERESSE : PERCEPTIONS ET ADAPTATION AUX RISQUES PAR LES MÉNAGES RURAUX ET URBAINS DES DISTRICTS DE TOLIARA I & II (SUD-OUEST MADAGASCAR)**

**JONATHAN AHADI MAHAMBA**

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER DE SPECIALISATION EN GESTION DES RISQUES ET DES CATASTROPHES A L'ERE DE L'ANTHROPOCENE**

**ANNEE ACADÉMIQUE 2022-2023**

**RÉDIGÉ SOUS LA DIRECTION DE FLORENCE DE LONGUEVILLE**

**COMITÉ DE LECTURE :**  
**PIERRE OZER**  
**WIÈMÈ SOME**

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 : **Ahadi Mahamba Jonathan**  
([jonathaahadim@gmail.com](mailto:jonathaahadim@gmail.com))

## Dédicace

*A mon père Sedekia Mukama*

*A ma mère Kavira Darlose*

## Remerciements

Il n'est jamais facile d'écrire des remerciements, non pas qu'il est superflu, mais c'est un exercice délicat. Vue la nécessité, je m'y lance !

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-puissant qui n'a jamais cessé de me combler de sa bonté dès la conception jusqu'au terme de ce travail de fin d'étude.

À l'**Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur** (ARES), je dis merci pour m'avoir accordé la bourse d'étude afin de réaliser le master de spécialisation en Gestion des Risques et des Catastrophes à l'ère de l'Anthropocène (GRCA) dans l'année académique 2022-2023.

Ma reconnaissance particulière s'adresse au **Dr. Florence De Longueville** qui a accepté de diriger ce travail. Sa rigueur, sa franchise, ses encouragements, ses corrections et ses conseils m'ont poussé à foncer et à naviguer dans tous les aspects relatifs à la thématique abordée dans ce travail.

Je remercie également le responsable principal du Master de spécialisation GRCA, le Professeur **Pierre Ozer** et son Assistant **Hien KOUFANOU** pour leur encadrement et leur proximité durant toute la période de notre formation. Je ne peux pas me taire face aux apports intellectuels de nombreux enseignants intervenant dans le programme de master de spécialisation GRCA au campus d'Arlon (Université de Liège) et au département de Géographie de la faculté des sciences de l'Université de Namur.

Que tous les camarades, avec qui nous avons subi les exigences de la formation, trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements. Spécialement ceux avec qui nous avons passé le séjour de deux mois à Madagascar, je vous dis merci. Tout le temps passé ensemble, nous avons créé une ambiance de convivialité et d'échange, utile pour un travail efficace.

Ma reconnaissance s'adresse également à toute l'équipe d'enquêteurs avec laquelle nous avons travaillé dans la collecte de données et spécialement à monsieur Anatole qui a été notre guide et interprète durant tous les travaux sur terrain à Toliara.

Je remercie le Professeur **Muhindo Sahani Walere** pour sa relecture, ses conseils avisés d'un mentor qui nous permettent d'avancer dans notre carrière de chercheur. Et à tous les membres du **Laboratoire d'Écologie, Géomorphologie et Géomatique** (LEGG) je dis merci.

J'exprime également ma reconnaissance à tous les membres de ma famille qui n'ont cessé de me supporter dans presque tous les aspects, chacun en ce qui le concerne. Spécialement à mes parents **Sedekia Mukama** et **Kavira Darlose** qui m'accompagnent et me procurent une sorte d'énergie par leur amour manifeste.

Je ne terminerai pas ces remerciements sans reconnaître le rôle direct ou indirect qu'ont joué tous mes proches et amis (es). Merci à **Naomie, Josias, Baraka, Joas, Joseph, Gracia, Rachel, Ezra, Géant, Hanitra, Finoana, etc.**

**Jonathan Ahadi Mahamba**

## Résumé

La coexistence des inondations et des sécheresses (I-S) constitue un défi majeur dans la réduction de risques de catastrophes (RRC) dans un contexte de changement climatique. Le défi devient plus important lorsque ces événements affectent une population vulnérable, pauvre, et moins informée. Cette étude évalue la perception du risque et le mode d'adaptation des ménages urbains et ruraux exposés à la fois aux risques d'inondation et de sécheresse dans les districts de Toliara I et II (Sud-ouest de Madagascar). Une approche quantitative et qualitative a été développée pour atteindre les objectifs de cette étude. Les données ont été collectées auprès de 265 ménages à l'aide d'un questionnaire d'enquête et de 5 autorités locales à travers des entretiens semi-directifs. Les résultats révèlent que la majorité de ménages pense que les inondations sont dues principalement aux cyclones et aux fortes précipitations qui affectent leurs zones. Les ménages estiment que la sécheresse est due principalement à la déforestation et aux activités humaines. Ils pensent également que ces événements peuvent être liés aux malédictions divines. Dans le futur, les ménages et les autorités locales s'attendent globalement à une augmentation des épisodes de sécheresse en milieu rural et à une tendance à la hausse des inondations dans le milieu urbain. La coexistence I-S influence différemment les impacts ressentis et l'adaptation au risque unique d'inondation ou de sécheresse. Environ deux ménages enquêtés sur trois (ruraux et urbains) pensent que la coexistence I-S augmente les impacts ressentis comparativement à la situation avec un seul risque. Cependant en milieu rural, la majorité (62,9%) de ménages ne considère pas cette coexistence I-S comme un défi supplémentaire contrairement à ceux du milieu urbain (66,7%) où cette coexistence I-S rend difficile la mise en place des stratégies d'adaptation. La différence entre la perception du risque d'inondation et du risque de sécheresse est globalement significative ( $p < 0,05$ ). Cependant, la perception de la sévérité des impacts des inondations et des sécheresses futures dans les ménages est la même en milieu rural. Les ménages pratiquent principalement la collecte d'eaux de pluie pour faire face aux deux risques à la fois, mais d'autres mesures spécifiques à chaque phénomène sont également appliquées. Certaines mesures spécifiques appliquées face à la sécheresse sont susceptibles d'interagir avec les composantes du risque inondation et vice-versa. L'expérience passée de conséquences d'inondation et de sécheresse influence significativement la perception du risque et la volonté de mettre en place des mesures d'adaptation. La probabilité qu'un ménage soit disposé à mettre en place des mesures d'adaptation tend à augmenter lorsque la perception du risque augmente pour les inondations, contrairement à la sécheresse où cette probabilité diminue. Les résultats de cette étude montrent que la coexistence I-S pose un défi dans la vie quotidienne des ménages au niveau local et l'importance de considérer les deux risques ensemble dans la mise en place d'un système intégré de RRC.

**Mots clés :** Coexistence Inondation-Sécheresse, Adaptation, Perception du risque, Multirisque, Sud-ouest Madagascar, Toliara

## **Abstract**

Flood-Drought (F-D) coexistence is a major challenge for disaster risk reduction (DRR) in the context of climate change. The challenge becomes even greater when these events affect a vulnerable, poor and less informed community. This study assesses the risk perception and adaptive strategies of urban and rural households exposed to both flood and drought risks in the districts of Toliara I and II (south-west Madagascar). A combination of quantitative and qualitative approaches was used to achieve the objectives of this study. Data were collected from 265 households using a survey questionnaire and from five local authorities through semistructured interviews. The results show that most households believe that floods are mainly due to cyclones and heavy rainfall that occurs in their zones. Households believe that droughts are mainly due to deforestation and human activities. They also believe that these events can be linked to divine curses. In the future, households and local authorities generally expect an increase in drought in rural areas and an increasing trend in the frequency of floods in urban areas. F-D coexistence affects the experienced impacts and adaptation to the single risk of flood or drought differently. Approximately two out of three households surveyed (rural and urban) believe that F-D coexistence increases the experienced impacts compared to the situation with a single risk. However, unlike in urban areas (66.7%), where F-D coexistence makes it more difficult to implement adaptation strategies, in rural areas most households (62.9%) did not see this F-D coexistence as an additional challenge. Globally, the difference in risk perception between floods and droughts is significant ( $p < 0.05$ ). However, the perceived severity of the impact of future floods and droughts is the same in rural areas. Households mainly use rainwater harvesting to cope with both risks, but other specific measures for each phenomenon are also applied. Some specific measures used for drought are likely to interact with flood risk components and vice versa. The perception of risk and the willingness to implement adaptation strategies are strongly influenced by past experience of the consequences of floods and droughts. The probability of a household being ready to implement adaptation measures tends to increase when the risk perception increases for floods, in contrast to drought, where this probability decreases. The results of this study show that F-D coexistence poses a challenge in the day-to-day routine of households and local authorities at the local level and the importance of taking the two risks together when implementing an integrated DRR system.

**Keywords: Flood-Drought Coexistence, Adaptation, Risk perception, Multi-risk, South-West Madagascar, Toliara**

## Table de matières

<b>DEDICACE</b> .....	<b>I</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>TABLE DE MATIÈRES</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1. PROBLEMATIQUE.....	1
1.2. QUESTION DE RECHERCHE .....	3
1.3. HYPOTHESES .....	3
1.4. OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	3
1.5. INTERET DE L'ETUDE.....	4
1.6. SUBDIVISION DU TRAVAIL .....	4
<b>2. REVUE DE LA LITTERATURE</b> .....	<b>5</b>
2.1. DEFINITION DES CONCEPTS .....	5
2.1.1. <i>Risque, Catastrophe et Risque de catastrophe</i> .....	5
2.1.2. <i>Adaptation au risque</i> .....	5
2.1.3. <i>Multi(-aléas) -risque</i> .....	6
2.2. COEXISTENCE INONDATION-SECHERESSE .....	7
2.3. PERCEPTION DU RISQUE ET ADOPTION DE MESURE D'ADAPTATION .....	8
<b>3. METHODOLOGIE DE L'ETUDE</b> .....	<b>10</b>
3.1. MILIEU D'ETUDE .....	10
3.1.1. <i>Situation géographique</i> .....	10
3.1.2. <i>Milieu physique</i> .....	10
3.1.3. <i>Milieu socio-économique</i> .....	11
3.2. COLLECTE DE DONNEES .....	11
3.2.1. <i>Population d'étude et échantillonnage</i> .....	11
3.2.2. <i>Déroulement de l'enquête</i> .....	12
3.3. QUESTIONNAIRE D'ENQUETE .....	12
3.4. ANALYSE STATISTIQUE.....	13
3.4.1. <i>Analyse de la perception du risque</i> .....	13
3.4.2. <i>Adaptation et intention de s'adapter pour les événements futurs</i> .....	14
<b>4. RESULTATS</b> .....	<b>16</b>
4.1. PROFIL DES ENQUETES .....	16
4.1.1. <i>Caractéristiques sociodémographiques des ménages</i> .....	16
4.1.2. <i>Expérience directe du risque d'inondation et de sécheresse par le ménage</i> .....	17
4.1.3. <i>Sensibilisation aux risques et accès aux sources d'information</i> .....	18
4.2. PERCEPTION DE LA COEXISTENCE INONDATION-SÉCHERESSE.....	19
4.2.1. <i>Connaissance des causes d'inondation et de sécheresse</i> .....	19

4.2.2. <i>Évolution des évènements</i> .....	20
4.2.3. <i>Implication de la coexistence I-S sur les impacts ressentis et l'adaptation</i> .....	21
4.3. COEXISTENCE INONDATION-SECHERESSE ET PERCEPTION DU RISQUE.....	22
4.3.1. <i>Perception du risque d'inondation et de sécheresse</i> .....	22
4.3.2. <i>Effet de l'expérience sur la perception du risque</i> .....	23
4.4. COEXISTENCE INONDATION-SECHERESSE ET ADAPTATION AU RISQUE.....	24
4.4.1. <i>Mesures d'adaptation mise en place</i> .....	24
4.4.2. <i>Déterminants de l'adaptation pour les évènements futurs</i> .....	26
<b>5. DISCUSSION</b> .....	<b>30</b>
5.1. CAUSES ET INFLUENCE DE LA COEXISTENCE I-S SUR LES IMPACTS RESSENTIS ET L'ADAPTATION .....	30
5.2. PERCEPTION DU RISQUE ENTRE SECHERESSE ET INONDATION .....	32
5.3. ADAPTATION DANS UN CONTEXTE DE COEXISTENCE I-S .....	33
<b>6. CONCLUSION</b> .....	<b>36</b>
<b>7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>37</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>A</b>
ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE .....	A
ANNEXE 2 : GUIDE D'ENTRETIEN AVEC LES AUTORITES LOCALES .....	F

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Localisation du milieu d'étude.....	10
<b>Figure 2.</b> Distribution des ménages selon leur expérience de risques d'inondation et de sécheresse.....	18
<b>Figure 3.</b> Sources d'informations relatives aux risques d'inondation et de sécheresse .....	19
<b>Figure 4.</b> Causes connues pour (a) l'inondation et (b) la sécheresse selon les principales sources de revenus (ou profession) et le milieu d'habitation.....	20
<b>Figure 5.</b> Distribution des ménages selon leur perception de l'évolution des phénomènes d'inondation et des épisodes de sécheresse. ....	21
<b>Figure 6.</b> Répartition de ménages selon leur perception sur l'implication de la coexistence I-S sur (a) les impacts ressentis et (b) l'adaptation à ces deux risques .....	22
<b>Figure 7.</b> Indicateurs de perception de risques d'inondation et de sécheresse dans le milieu rural et le milieu urbain. ....	23
<b>Figure 8.</b> Mesures d'adaptation prises par les ménages pour faire face à la sécheresse .....	25
<b>Figure 9.</b> Mesures d'adaptation prises par les ménages pour faire face aux inondations .....	26
<b>Figure 10.</b> Effets marginaux des facteurs significatifs sur la volonté de mettre en place des actions d'adaptation face aux inondations futures .....	28
<b>Figure 11.</b> Effets marginaux des facteurs significatifs sur la volonté de mettre en place des actions d'adaptation face aux futurs épisodes de sécheresse. ....	29

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Définition des concepts relatifs à cette étude. ....	6
<b>Tableau 2.</b> Variables explicatives de l'intention/volonté à mettre en place des mesures d'adaptation pour les événements futurs d'inondation et de sécheresse.....	14
<b>Tableau 3.</b> Caractéristiques sociodémographiques des ménages .....	16
<b>Tableau 4.</b> Comparaison des indicateurs de perception du risque selon les types de risque avec le test de Wilcoxon.....	23
<b>Tableau 5.</b> Effet de l'expérience de conséquences des inondations et des sécheresses dans le passé sur la perception du risque .....	24
<b>Tableau 6.</b> Les facteurs déterminants de la volonté de mettre en place des mesures d'adaptations aux événements futurs avec la régression logistique binaire .....	27

## **1. Introduction**

### **1.1. Problématique**

L'exposition croissante de plusieurs millions de personnes à des environnements multirisques suscite l'importance de mettre en place des mécanismes d'adaptation et de préparation pour réduire les impacts (Bronfman et al., 2019). En effet, le monde fait face de plus en plus à des catastrophes dont la nature et l'étendue des impacts varient dans le temps, d'un endroit à un autre, d'une communauté à une autre (Mallick et al., 2022). Plus particulièrement, les catastrophes naturelles induisent des impacts considérables dans les pays en développement à cause de leur situation géographique mais surtout de leur contexte socio-économique, culturel et politique (Alcántara-Ayala, 2002 ; Botzen et al., 2019 ; Khan et al., 2023). Ces catastrophes causent des pertes en vie humaine, des pertes socioéconomiques et environnementales (Shen et Hwang, 2019). Bien souvent ces événements résultent d'un processus complexe où les facteurs naturels interagissent avec les facteurs anthropiques (Di Baldassarre et al., 2017; Keys et al., 2019).

Le contexte actuel du réchauffement climatique global induit non seulement des aléas individuels mais aussi des aléas composés et/ou en cascade avec des dommages plus importants (AghaKouchak et al., 2020; IPCC, 2022). De nombreuses études récentes sur le climat prévoient une augmentation des extrêmes climatiques dans plusieurs régions du monde qui se manifesteront à la fois par des inondations et des sécheresses (Hirabayashi et al., 2008; Huang et al., 2015; Masood et Takeuchi, 2015; Bessah et al., 2020; Rezvani et al., 2023). Ces régions connaîtront une diminution du nombre de jours de pluie accompagnée d'une augmentation des épisodes pluviométriques de forte intensité (Hirabayashi et al., 2008). Cette forte intensité combinée à une augmentation de l'occurrence de ces événements hydroclimatiques peut induire un dépassement de la capacité d'adaptation et augmenter considérablement les dommages subis par les populations surtout dans les pays pauvres très vulnérables (IPCC, 2022). L'Afrique est parmi les points chauds du monde où l'augmentation du risque d'inondation et de sécheresse est attendue vers la fin du 21<sup>ème</sup> siècle (Tabari et al., 2021). Les pays africains où la majorité des populations vivent sous le seuil de pauvreté, restent très vulnérables. Madagascar ne fait pas exception à cette vulnérabilité (Harvey et al., 2014; Weiskopf et al., 2021). Au regard de sa position géographique, l'île de Madagascar est exposée à divers aléas naturels. Cette île est menacée par la hausse des températures, la diminution et la variabilité des précipitations, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresses, d'inondations, des cyclones, l'élévation du niveau des océans, l'invasion de criquets, etc. (Latchinsky, 2013; Nematchoua et al., 2018; Weiskopf et al., 2021).

La sévérité des impacts des extrêmes climatiques ne dépend pas non seulement l'intensité de ces événements mais aussi du niveau de vulnérabilité des populations (IPCC, 2012). Cette vulnérabilité dépend de plusieurs facteurs. L'exposition d'une communauté est le principal facteur déterminant la vulnérabilité aux risques naturels en général et aux risques hydroclimatiques et météorologiques en particulier (Asare-Kyei et al., 2017; Fasihi et al., 2021; Harvey et al., 2014). Outre l'exposition, la vulnérabilité des populations et des ménages est accentuée par d'autres facteurs comme la dépendance aux ressources naturelles, le faible niveau de revenus et la faible diversification des sources de revenus (Botzen et al., 2019; De

Silva et Kawasaki, 2018). A Madagascar, le niveau de vulnérabilité aux aléas naturels n'est pas uniforme sur l'ensemble du pays. Le grand sud de Madagascar en général et les régions Atsimo Andrefana (Sud-Ouest) et Androy en particulier, sont classées parmi les régions à haut risque à cause de leur exposition aux aléas naturels mais également en raison de leur faible statut socioéconomique (Lemahieu et al., 2018; Rakotoarison et al., 2021).

Par ailleurs, la vulnérabilité sociale dans un contexte multi-aléas est différente de la vulnérabilité sociale à un risque unique (Drakes et Tate, 2022). Celle-ci doit être prise en compte dans un système interconnecté afin d'éviter d'amplifier ou de créer une nouvelle vulnérabilité dans la prise de mesures d'adaptation (Dilling et al., 2015). Selon Ward et al. (2020) et Dąbrowska et al. (2023), la conception des mesures et des stratégies de réduction des risques de catastrophes (RRC) face aux risques de sécheresse et d'inondation doit tenir compte des interactions entre ces phénomènes étroitement liés d'un système. De plus, le développement de stratégies de gestion des risques et des catastrophes dans un contexte de changement climatique doit être spécifique et adapté au contexte local de la zone qui subit les impacts (IPCC, 2012).

La perception du risque joue un rôle fondamental dans la gestion des risques et des catastrophes (Mallick et al., 2022). Cette perception est importante car elle influence l'acceptation et l'engagement des populations à des mesures, normes ou technologies spécifiques relatives à la gestion d'un risque ou d'une catastrophe donnée (Siegrist et Árvai, 2020). Cependant, cette perception peut être très éloignée de la réalité (Markantonis et al., 2018; De Longueville et al., 2020a). En effet, la perception et la compréhension correcte des risques par la population constitue la première étape qui mène vers la création d'un système efficace de gestion des risques (Mallick et al., 2022; Ndamani et Watanabe, 2017). La première phase de la gestion de risques qui est la préparation d'une population à un risque de catastrophe est influencée par la perception du risque (Ward et al., 2020). C'est pourquoi la connaissance des facteurs qui incitent à entreprendre des actions est indispensable dans la sensibilisation de la population sur la prise des mesures d'adaptation et de protection contre les risques et les catastrophes (Mallick et al., 2022). Un modèle basé sur le choix rationnel ne permet pas d'interpréter ou d'appréhender correctement la prise de décision des personnes face à un risque (Richard Eiser et al., 2012). Selon Richard Eiser et al. (2012), l'attention devrait être portée sur la manière dont l'interprétation du risque par les populations est façonnée par leur propre expérience, sentiments, croyances culturelles et dynamiques sociétales.

Des études ont montré que les caractéristiques et les types d'aléas façonnent la perception du risque d'inondation et de sécheresse par les individus et les ménages (Sullivan-Wiley et Short Gianotti, 2017; Wilson et al., 2019). Les caractéristiques sociodémographiques et économiques telles que l'âge, le genre, l'éducation et la source de revenu influencent également le niveau de perception du risque d'inondation et de sécheresse (Mallick et al., 2022; Ndamani et Watanabe, 2017). Cependant, Wachinger et al. (2013) précisent que les facteurs individuels et culturels ne jouent pas un rôle aussi important mais agissent comme des amplificateurs ou médiateurs des principaux liens de causalité entre l'expérience, la confiance, la perception et la prise des mesures de protection et/ou d'adaptation. En effet, l'expérience d'une catastrophe augmente la perception du risque et motive la préparation et la mitigation (Papagiannaki et al., 2019). Les

actions de mitigation des risques dépendent également du contexte socioéconomique, géographique d'une société ou d'une région (Mallick et al., 2022). Dans un contexte multirisque, la perception du risque peut être différente entre la population et les autorités chargées de gérer les risques (De Longueville et al., 2020b) car ces derniers se concentrent souvent leurs efforts sur les risques qu'ils sont en mesure d'influencer (Sullivan-Wiley et Short Gianotti, 2017). Ward et al., (2020) montrent que lorsque les ressources sont limitées, la planification de la réduction des risques de catastrophes (RRC) priorise un extrême (sécheresse ou inondation) alors que la maladresse et les effets involontaires sur les risques d'autres aléas peuvent l'emporter sur les effets positifs d'une action prise. Dans la même logique d'idée, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ajoute que les décisions politiques qui ignorent les risques d'effets contraires peuvent être inadaptées et contribuer à l'aggravation des effets de ces risques et du niveau de vulnérabilité inhérents à ceux-ci (IPCC,2022).

Malgré l'avancement des connaissances scientifiques sur la perception du risque, la façon dont les individus et les ménages perçoivent et hiérarchisent les risques simultanément ainsi que l'adoption des mesures de protection est encore peu connu dans un contexte multirisque (Sullivan-Wiley et Short Gianotti, 2017). La plupart des recherches sur les risques hydroclimatiques se concentrent soit sur les risques d'inondation, soit sur le risque de sécheresse, alors que les inondations et les sécheresses sont deux extrêmes du même cycle hydrologique (Ward et al., 2020). Bien que la population malgache de la région du Sud-ouest soit exposée à plusieurs aléas, des études sur la vulnérabilité sociale et l'adaptation face aux risques d'inondation et de sécheresse sont quasi inexistantes. Ainsi, cette étude vient contribuer à élargir la compréhension de la façon dont les ménages ruraux et urbains exposés à la fois aux risques d'inondation et de sécheresse perçoivent et s'adaptent à ces deux phénomènes dans un pays en développement caractérisé par la pauvreté.

## **1.2. Question de recherche**

Cette étude veut répondre à la question de savoir comment les ménages urbains et ruraux perçoivent le risque et s'adaptent aux risques dans un contexte de coexistence Inondation-Sécheresse (I-S) ?

## **1.3. Hypothèses**

Trois hypothèses ont été déduites de la question de recherche susmentionnée :

**H1.** La coexistence I-S amplifie les impacts et rend difficile l'adaptation pour les ménages en milieu rural et urbain.

**H2.** Les ménages peuvent sous-estimer certains risques, ce qui peut empêcher une prise des mesures appropriées de réduction de l'exposition et de la vulnérabilité.

**H3.** La réponse d'une communauté et des ménages à un aléa peut influencer les composantes du risque d'un autre aléa.

## **1.4. Objectifs de l'étude**

L'objectif global est de contribuer à la compréhension de la perception du risque et de l'adaptation des ménages exposés à plusieurs aléas. Plus spécifiquement, il s'agit d' :

**O1.** Évaluer la connaissance des ménages sur les causes d'inondation et de sécheresse ainsi que leur perception par rapport à l'effet de la coexistence I-S sur les impacts ressentis et leur adaptation ;

**O2.** Analyser la façon dont le risque d'inondation et le risque de sécheresse se comparent l'un à l'autre en termes des composantes de la perception du risque ;

**O3.** Identifier les mesures d'adaptation mises en place par les ménages et l'influence de caractéristiques sociodémographiques, de l'expérience du risque et de la perception du risque sur la volonté de mettre en place des mesures d'adaptation aux événements (inondations et sécheresses) futurs.

### **1.5. Intérêt de l'étude**

Cette étude apporte une contribution sur la compréhension de la façon dont la population juge le risque et s'adapte dans un environnement multirisque. En effet, malgré les potentialités en ressources naturelles dans les districts de Toliara I et II, la population est pauvre et très vulnérable aux nombreux risques qui menacent leur région. Ainsi, ce travail sert de base de réflexion pour les autorités chargées de gérer les risques. Les résultats de cette étude permettront à ces autorités de développer de programmes de RRC qui sont en accord avec la compréhension de la population, ce qui favorisera la réussite de leur mise en œuvre. En plus, les questionnaires de risques peuvent partir de ces résultats pour accompagner les ménages dans leurs actions d'adaptation afin de les rendre plus efficaces et éviter la maladaptation. Par ailleurs, pour les chercheurs, les résultats de cette étude viennent s'ajouter à la littérature existante sur les interactions Inondation-Sécheresse et le système social. Ces chercheurs pourront partir de ces résultats pour pousser des réflexions sur le développement des cadres intégrés d'évaluation des impacts de ces deux risques et de mise en œuvre des stratégies d'adaptation conformes aux réalités locales. Ces cadres seront utiles pour guider les praticiens dans leurs actions et la sensibilisation des populations.

### **1.6. Subdivision du travail**

Hormis l'introduction et la conclusion, cette étude est structurée autour de quatre grandes parties suivantes : (i) la revue de la littérature, (ii) la méthodologie de l'étude, (iii) les résultats et (iv) la discussion. La partie « Revue de la littérature » se focalise sur la compréhension des principaux concepts utilisés dans cette étude sur base de la littérature scientifique existante. Ensuite, la partie « Méthodologie de l'étude » permet de comprendre les caractéristiques du milieu d'étude et la démarche utilisée dans cette étude depuis la collecte de données jusqu'aux analyses statistiques réalisées. Enfin, les parties « Résultats » et « Discussion » présentent respectivement les résultats issus de l'analyse de données et les interprétations de ces derniers.

## 2. Revue de la littérature

### 2.1. Définition des concepts

Plusieurs tentatives ont déjà été réalisées pour établir des concepts bien définis et universellement compris dans le domaine de la réduction des risques de catastrophes (RCC) (Aven et al., 2018). La RCC est une tâche laborieuse qui nécessite une utilisation correcte des concepts afin de rendre efficace les stratégies mises en place (Monte et al., 2021). La tâche devient plus complexe lorsqu'il s'agit de passer d'une langue à une autre. Dans cette étude nous avons adopté les définitions données par le Bureau des Nations Unies pour la Réduction de Risques de Catastrophes (UNDRR) et par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat -GIEC (IPCC en anglais) (IPCC, 2018). Les définitions des concepts relatifs à cette étude sont présentées dans le **tableau 1**.

#### 2.1.1. *Risque, Catastrophe et Risque de catastrophe*

Le risque peut être défini de plusieurs manières. Dans cette étude le risque est considéré comme la potentielle réalisation des conséquences négatives, non désirées d'un événement (Accastello et al., 2022; Aven et al., 2018). Le risque a trois composantes : l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité. Le risque lui-même est une mesure de la probabilité qui est souvent basée sur des informations historiques (Dadson et al., 2019). Par ailleurs, la catastrophe est considérée comme la matérialisation du risque (Monte et al., 2021; UNDRR, 2016). En outre, la définition du concept risque de catastrophe présentée dans le **tableau 1** élargit et combine les définitions de deux concepts (risque et catastrophe) présentés précédemment. Cette définition met également l'accent sur les capacités existantes (UNDRR, 2017).

#### 2.1.2. *Adaptation au risque*

Le GIEC définit le terme « adaptation » au niveau du système humain et du système naturel dans un contexte de changement climatique (IPCC, 2012). Dans les systèmes humains, l'adaptation correspond au processus d'ajustement au climat réel ou attendu et à ses effets afin d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Le concept d'adaptation et/ou de capacité d'adaptation sont plus utilisés dans le contexte du changement climatique (IPCC, 2022) bien qu'ils soient utilisés également dans le domaine de la socio-écologie et de sciences de risques de catastrophes (Klein et al., 2003; Lei et al., 2014). Le lien entre adaptation (dans le contexte de changement climatique) et la RCC est déterminé par leurs rôles qui consistent à réduire de la vulnérabilité (Schipper, 2009). Dans une perspective de RCC, le terme adaptation est principalement axée sur les actions qui visent à réduire l'exposition et la vulnérabilité (Monte et al., 2021; Schipper, 2009). La réduction de la vulnérabilité et/ou de l'exposition est un moyen efficace pour minimiser les dommages causés par les catastrophes (Palliyaguru et al., 2014; Kreibich et al., 2017). Les stratégies d'adaptation ne devraient pas se limiter à réduire la vulnérabilité, elles doivent aussi favoriser la résilience et la capacité d'adaptation aux futurs événements (Lei et al., 2014). L'adaptation concerne également la mise en valeur de potentiels effets positifs de la manifestation d'un aléa en un lieu donné et au cours d'une période donnée (Klein et al., 2003). Les actions qui réduisent la vulnérabilité tout en nuisant aux communautés ou en augmentant d'autres types de risques sont considérées comme la « maladaptation » (Monte et al., 2021).

### 2.1.3. Multi(-aléas) -risque

Les aléas peuvent être de diverses natures allant des aléas naturels jusqu'aux aléas technologiques/anthropiques (Murray et al., 2021). Monte et al., (2021) affirment que deux ou plusieurs types d'aléas génèrent des situations de risque totalement distinctes pour une même zone en raison de caractéristiques inhérentes à chaque aléa. Il s'agit principalement de la fréquence d'occurrence, de la typologie du phénomène (ex. inondation ou glissement de terrain), de son intensité, de sa vitesse de formation, et de son extension (ex. sécheresse et tornade), etc. Selon UNDRR (2016), le terme « multirisque » correspond au risque issue des multiples aléas importants auxquels un pays ou une zone est confronté et aux contextes particuliers dans lesquels des événements dangereux (**tableau 1**) peuvent se produire simultanément, en cascade ou de façon cumulative au fil du temps et produire d'éventuels effets concomitants. En d'autres termes, le concept multirisque prend en compte les dommages socioéconomique d'un évènement multi-aléas avec toutes interrelation possibles aux niveaux de l'aléa et de la vulnérabilité (Gill et al., 2022; López-Saavedra et Martí, 2023). Il est important de comprendre les interrelations possible entre les aléas et les conséquences des différents scénarios multi-aléas pour une analyse efficace (López-Saavedra et Martí, 2023) en dépit de défis supplémentaires qui émergent à cause des caractéristiques différentes des processus (Kappes et al., 2012). Wang et al. (2020) classifient les interrelations entre aléas en trois catégories : (i) les aléas qui s'amplifient mutuellement, (ii) les aléas qui s'excluent mutuellement et (iii) les aléas sans aucune influence mutuelle.

**Tableau 1.** Définition des concepts relatifs à cette étude. Ces définitions sont issues de UNDRR (2016). Les définitions originales en Anglais peuvent être retrouvées sur le site officiel de UNDRR (<https://www.undrr.org/terminology>). Note : Pour les concepts avec le signe « \* » nous avons considéré la définition adapté par IPCC (2018).

<b>Concepts</b>	<b>Définition</b>
<b>Aléa</b>	Processus, phénomène ou activité humaine pouvant faire des morts ou des blessés ou avoir d'autres effets sur la santé, ainsi qu'entraîner des dégâts matériels, des perturbations socioéconomiques ou une dégradation de l'environnement.
<b>Capacité à faire face*</b>	Aptitude des personnes, des institutions, des organisations et des systèmes à réagir efficacement à des situations difficiles et à les surmonter, à court et à moyen terme, en s'appuyant pour cela sur leurs compétences, leurs valeurs, leurs croyances, leurs ressources et d'éventuelles opportunités.
<b>Catastrophe</b>	Perturbation grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société à n'importe quel niveau par suite d'événements dangereux, dont les répercussions dépendent des conditions d'exposition, de la vulnérabilité et des capacités de la communauté ou de la société concernée, et qui peuvent provoquer des pertes humaines ou matérielles ou entraîner des conséquences sur les plans économique ou environnemental.
<b>Événement dangereux</b>	La manifestation d'un aléa en un lieu donné et au cours d'une période déterminée.

---

<b>Exposition</b>	Situation des personnes, infrastructures, logements, capacités de production et autres actifs tangibles situés dans des zones à risque.
<b>Mesure d'atténuation</b>	La réduction ou la limitation des conséquences négatives d'un événement dangereux.
<b>Pertes économiques</b>	L'ensemble des conséquences économiques, qui équivaut à la somme des pertes économiques directes et indirectes
<b>Prévention</b>	Les activités et mesures permettant de prévenir de nouvelles catastrophes et de réduire les risques existants.
<b>Réduction des risques de catastrophe</b>	La réduction des risques de catastrophe vise à empêcher l'apparition de nouveaux risques, à réduire ceux qui existent déjà et à gérer les risques résiduels pour renforcer la résilience et, partant, contribuer à la réalisation du développement durable.
<b>Résilience</b>	La résilience s'entend de la capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposée à des aléas de résister à leurs effets, de les résorber, de s'y adapter, de se transformer en conséquence et de s'en relever rapidement et efficacement, notamment en préservant et en rétablissant les structures et fonctions essentielles au moyen de la gestion des risques.
<b>Risque de catastrophe</b>	Le risque de pertes en vies humaines, de blessures, de destruction ou de dégâts matériels pour un système, une société ou une communauté au cours d'une période donnée, dont la probabilité est déterminée en fonction du danger, de l'exposition, de la vulnérabilité et des capacités existantes.
<b>Vulnérabilité</b>	Condition provoquée par des facteurs ou processus physiques, sociaux, économiques et environnementaux qui ont pour effet de rendre les personnes, les communautés, les biens matériels ou les systèmes plus sensibles aux aléas.

---

## 2.2. Coexistence Inondation-Sécheresse

La coexistence Inondation-Sécheresse (I-S) est considérée dans cette étude comme une situation dans laquelle les inondations et les épisodes de sécheresse se produisent dans une même zone à des fréquences similaires ou différentes. Les inondations et les sécheresses sont deux extrêmes d'un même cycle hydrologique (Ward et al., 2020). Ces deux extrêmes sont toujours liés entre eux et existent dans un cycle interactif (Hoa et Vinh, 2018). Ces phénomènes posent des sérieux problèmes au tant dans les pays développés que les pays en développement (Raikes et al., 2019). En plus, l'alternance brusque de sécheresse-inondation peut être plus préjudiciable pour la société qu'un événement unique de sécheresse ou d'inondation (Zhao et al., 2020). Les inondations et les sécheresses entraînent des impacts humains et environnementaux avec des perturbations socio-économiques considérables qui peuvent varier selon le niveau de vulnérabilité (Hino et Nance, 2021; IPCC, 2012; Van Loon et al., 2016).

Le risque d'inondation et le risque de sécheresse ont des échelles temporelles différentes (Wachinger et al., 2010). La durée des inondations varie de quelques heures à quelques jours alors que les sécheresses ont des durées beaucoup plus longues, de l'ordre de quelques semaines, mois ou même années (Di Baldassarre et al., 2017). Cependant, bien que la sécheresse soit considérée comme un phénomène qui s'installe progressivement, le réchauffement climatique actuel entraîne une transition plus rapide vers la sécheresse dans plusieurs régions du monde (Yuan et al., 2023). Selon Walker et Van Loon (2023) ces sécheresses sont dite *flash droughts* (en anglais) et s'apparentent aux inondations soudaines (*flash floods*) en ce sens qu'elles apparaissent soudainement sans grand avertissement. Par ailleurs, l'extension spatiale potentielle des inondations est différente de celle des sécheresses. Par exemple l'inondation peut induire des dommages dans un petit village, mais une sécheresse peut affecter des larges zones comme un continent (Monte et al., 2021).

### **2.3. Perception du risque et adoption de mesure d'adaptation**

La perception du risque d'une population est un avis (opinion) subjectif sur la probabilité de subir des pertes spécifiques en raison d'événements identifiés (Drakes et Tate, 2022; Paek et Hove, 2017). Deux dimensions sont généralement utilisées pour mesurer la perception du risque : la probabilité perçue ou réelle de d'être affecté par un évènement et la gravité des dommages qui en résultent (Paek et Hove, 2017; Wilson et al., 2019). Les mesures d'émotions négatives comme la peur peuvent être aussi utilisées (Wilson et al., 2019). La perception du risque est une composante de la vulnérabilité sociale à un risque donné (Drakes et Tate, 2022). Elle constitue une méthode pour étudier l'acceptation ou la réaction du public face à un risque (Rana et al., 2020). Selon Asmara et al., (2022) la perception du risque est parmi les éléments clés qui déterminent le succès ou l'échec d'un programme de RRC en assurant la compatibilité du programme avec la communauté. La compréhension de la perception du risque facilite la communication du risque afin d'encourager les ménages et les communautés à prendre des mesures d'atténuation du risque (Lechowska, 2018).

La perception du risque est à la fois influencée par les facteurs rationnels et émotionnels (Duinen et al., 2015). L'expérience passée d'un événement est un facteur important qui influence la perception de risque et l'attitude des individus et des ménages (Ho et al., 2008; Wachinger et al., 2010). Le fait d'être touché par un événement extrême modifie la perception de la fréquence et de l'intensité des événements futurs par les individus (Brown et al., 2018). En plus, l'expérience directe des conséquences physiques/matérielles d'une catastrophe naturelle a un important effet direct sur la perception du risque comparativement à l'expérience émotionnelle (Bronfman et al., 2020). Wachinger et al. (2010) poursuivent en affirmant que les reportages de médias influencent également la perception du risque surtout pour les événements brusques comme les inondations. Par ailleurs, la confiance influence fortement la perception du risque surtout dans le contexte où la connaissance de la population sur l'aléas est faible (Siegrist, 2021). Les caractéristiques de l'aléas influencent également la perception du risque (Siegrist et Árvai, 2020). L'effet retard ou la latence entre la cause et les dommages réels d'un risque (comme la sécheresse) rend difficile la perception de risques naturels (Wachinger et al., 2010). En plus, la relations entre la perception des impacts et le sens de contrôle d'un individu face à un risque peut varier d'un aléa à un autre ; ce sens de control reste élevé si les

impacts du phénomène peuvent être évité efficacement par les actions qu'un individu prend (Ho et al., 2008).

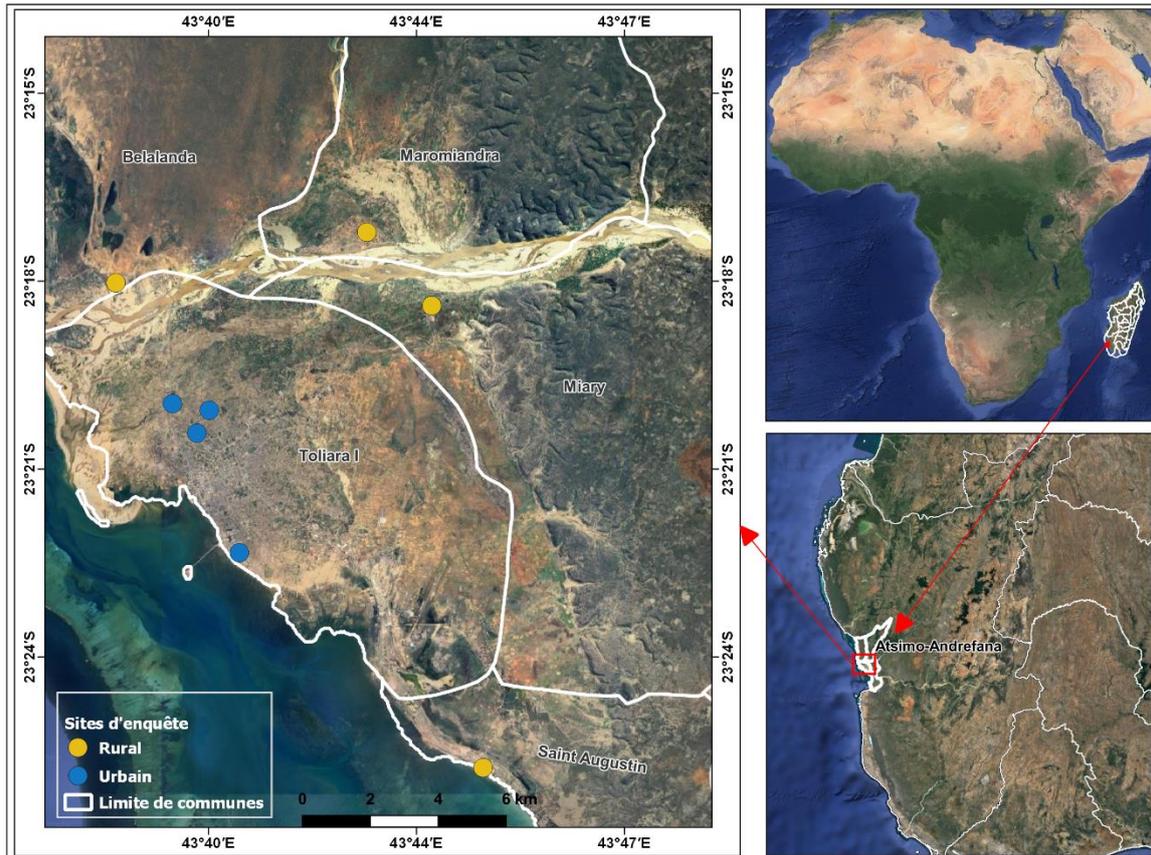
Plusieurs études ont montré une différence très nette de la perception du risque entre les experts et les profanes (De Longueville et al., 2020b; Siegrist et Árvai, 2020). Une attention portée sur la perception du risque des profanes ou des indigènes pourrait rendre efficace les projets mises en place par les praticiens ou les experts dans le cadre de la RRC (Roder et al., 2016). Toutefois, une perception élevée du risque ne conduit pas nécessairement à une préparation personnelle et l'adoption d'un comportement d'atténuation du risque pour réduire les impacts négatifs (Wachinger et al., 2013).

### 3. Méthodologie de l'étude

#### 3.1. Milieu d'étude

##### 3.1.1. Situation géographique

Cette étude a été réalisée dans la région Atsimo Andrefana (sud-ouest du Madagascar) au niveau de quatre communes rurales (Miary, Belalanda, Maromiandra, Saint Augustin) du district de Toliara II et dans la commune urbaine de Toliara du district de Toliara I (**figure 1**). La région est située à l'est du canal de Mozambique et traversée par le tropique de capricorne vers la commune de St-Augustin.



**Figure 1.** Localisation du milieu d'étude.

##### 3.1.2. Milieu physique

Le sud-ouest de Madagascar est caractérisé par un climat semi-aride. Dans cette partie de la grande île, la moyenne annuelle des précipitations est située entre 500-700 mm (Weiskopf et al., 2021). Les tendances observées dans cette région indiquent une baisse des précipitations annuelles surtout pendant l'été avec une augmentation des températures maximum et minimum journalières (Raholijao et al., 2019). Plus de 67% de précipitations arrivent entre décembre et février, les neuf autres mois sont généralement secs (Randriamalala et al., 2016). En effet, cette région avec celle d'Androy sont les régions les plus touchées par la sécheresse agrométéorologique sévère (Razanatsimba, 2016). Par ailleurs, malgré son potentiel modéré à élever en eaux souterraines dû à sa géologie, la région Atsimo Andrefana connaît des périodes de pénurie d'eau à plusieurs endroits (Serele et al., 2020). Au-delà des épisodes de sécheresse qui sévissent presque chaque année dans la région du sud-ouest du Madagascar, cette dernière

est parmi les régions les plus touchées par les inondations de façon récurrente, surtout pendant la période cyclonique (Rakotoarisoa, 2017; Rakotoarison et al., 2021; Taïbi et al., 2017). Les tempêtes et les cyclones entraînent une augmentation des précipitations entendues mais aussi d'autres dommages dus aux vents exceptionnellement forts (Côté-Laurin et al., 2017). La zone côtière du district de Toliara se trouve à cheval entre l'embouchure de deux fleuves : le Fiherena vers le Nord et l'Onilahy vers le sud.

La géologie de la région du sud-ouest de Madagascar est caractérisée par des formations alluviales, sableuses et calcaires très karstifiées (Serele et al., 2020). Le relief est caractérisé par des paysages vallonnés avec des terrains peu pentus de l'ordre de 7% (Payet et al., 2012). La zone de Toliara est entourée par le plateau calcaire à l'est, le canal de Mozambique à l'ouest, et la falaise de Tsinjoriake au sud (Taïbi et al., 2017). Madagascar est en proie au phénomène de déforestation qui a des répercussions sur le climat via la dégradation des conditions biogéophysiques et écosystémiques (Bigot et al., 2021). La végétation de la région du sud-ouest de Madagascar est caractérisée par la prairie et la forêt épineuse sèche (Waeber et al., 2015). Cette région possède un des plus riches écosystèmes d'arbres de climat sec en termes de diversité spécifique et d'endémisme (Aronson et al., 2018). Cependant, ces écosystèmes sont menacés par les activités humaines.

### ***3.1.3. Milieu socio-économique***

La région Antsimo Andrefana est faiblement urbanisée avec un taux d'urbanisation de 14,2% et une densité de population de 5257,8 hab/km<sup>2</sup> en milieu urbain (Toliara I) et de 38,6 hab/km<sup>2</sup> en milieu rural (Toliara II) (INSTAT, 2020). La population du sud-ouest de Madagascar appartient principalement aux ethnies de Masikoro, Vezo, Tanalana et Tandroy. Les Vezo sont installés généralement dans les zones proches du littoral et pratiquent la pêche (Lemahieu et al., 2018). L'agriculture et l'élevage constituent les principales sources de revenus des autres ethnies. La population pratique l'agriculture sur des terres marginales et l'élevage de zébus et de petits ruminants malgré les épisodes de pénurie d'eau. Sur le plan social, le nombre de têtes de zébus qu'un ménage possède est un indicateur important de prestige et de statut social (Hänke et Barkmann, 2017). Ces auteurs affirment que l'élevage permet d'assurer la subsistance de ménages ruraux après la perte de récoltes dûe aux catastrophes. La population surexploite les quelques écosystèmes forestiers naturels qui persistent dans la zone (Waeber et al., 2015). Cette dépendance aux ressources naturelles augmente leur vulnérabilité aux aléas naturels qui affectent la zone (Côté-Laurin et al., 2017; Gay-des-Combes et al., 2017; Rakotoarison et al., 2021; Thalheimer, 2022).

## **3.2. Collecte de données**

### ***3.2.1. Population d'étude et échantillonnage***

Cette étude est basée sur une méthode d'enquête quantitative et qualitative. Les données ont été récoltées auprès des ménages à l'aide des questionnaires d'enquête et des autorités locales à l'aide des entretiens semi-directifs dans les zones urbaines et rurales des districts de Toliara I & II (sud-ouest Madagascar). Les ménages enquêtés dans le milieu rural habitent<sup>1</sup>: la commune de Miary (Ambohibola, Miary ville, Miary-beraketa, Miary-betsileo), la commune

---

<sup>1</sup> Les noms entre parenthèses correspondent aux Fokontany (quartiers ou villages) dans lesquels nous avons mené les enquêtes.

de Belalanda (Andranigan'aomby, Ankilifolo Andrangan'aomby, Bekoaky, Tsinjaiake), la commune de Maromiandra (Maromiandra, Mahazoarivo, Mtsinjo Mahazoarivo, Ankilimalangy) et la commune de Saint Augustin (Tanambao, Manoroka bas, Manoroka haut) alors que ceux de la zone urbaine habitent la commune urbaine de Toliara (Anketa-bas, Tsongobory, Antaravay Salimo, Ankiembe-bas). Nous avons focalisé nos enquêtes sur ces communes et précisément sur ces quartiers (Fokontany) car ils sont situés dans les zones *a priori* inondables en supposant que toute la zone est touchée par la sécheresse. L'échantillon de l'étude est constitué d'un total de 265 ménages en raison de 175 dans la zone rurale et 90 dans la zone urbaine. Outre les enquêtes au niveau des ménages, les entretiens ont été réalisés avec 4 autorités locales (Chef de Fokontany et/ou de commune) et les responsables du service de gestion des risques et des catastrophes du district de Toliara II.

### ***3.2.2. Déroulement de l'enquête***

L'enquête a été réalisée au cours du mois d'avril 2023. Une équipe de six enquêteurs a été constituée pour réaliser les enquêtes auprès de ménages. Ces enquêteurs ont été préalablement formés sur les objectifs de l'étude et le contenu du questionnaire d'enquête. Le questionnaire d'enquête a été administré individuellement aux chefs de ménages (ou à défaut d'autres adultes du ménage si le chef de ménage n'est pas disponible) qui ont accepté de fournir des réponses aux questions. Ces personnes ont été considérées comme des représentants de leur ménage. Nous avons également réalisé les entretiens avec les chefs de commune (en milieu rural) et les chefs de Fokontany/quartier (en milieu urbain) en langue malgache avec l'aide d'un traducteur.

### **3.3. Questionnaire d'enquête**

Le questionnaire d'enquête utilisé dans cette étude est constitué des questions ouvertes et fermées. Les questions qui nécessitent un jugement subjectif ont été codées sur base de l'échelle de Likert à cinq niveaux. Cette échelle permet de donner une estimation quantitative de jugements subjectifs des individus (Willits et al., 2016). La signification de chaque niveau était adaptée selon chaque question mais en général l'échelle va de 1 « pas du tout d'accord » à 5 « Totalement d'accord » (Papagiannaki et al., 2019).

Les informations collectées étaient regroupées en 6 sections afin de tester les hypothèses de cette étude. Les sections sont: **(i) caractéristiques sociodémographiques de ménages** (lieu d'habitation, âge du répondant, sexe, niveau d'étude, taille de ménage, principale source de revenu du ménage, niveau de revenus, statut foncier (propriétaire ?), ancienneté dans la zone d'habitation), **(ii) indicateurs de la perception du risque d'inondation et de sécheresse** (niveau de peur ressentie (Peur), perception de l'occurrence (Occurrence), perception des impacts sur la qualité de vie dans le ménage (Qual.vie), perception des pertes financières (Perte.Fin), perception de la capacité à faire face au risque (Capacité)), **(iii) l'expérience du risque d'inondation et sécheresse** (expérience directe de l'inondation, le fait d'avoir vécu ou pas les conséquences d'une inondation/sécheresse, le fait d'avoir déjà eu une formation ou éducation sur les inondations/sécheresses, l'accès aux sources d'information), **(iv) connaissance des causes d'inondation et de sécheresse**, **(v) coexistence sécheresse-inondation** (perception de l'évolution future de ces événements, effets de la coexistence I-S sur les impacts ressentis et l'adaptation), **(vi) l'adaptation aux risques d'inondation ou de sécheresse** (mise en place des mesures d'adaptation, les types des mesures mises en place,

l'intention de mettre en place des mesures pour limiter les effets des négatifs des événements futurs). Le questionnaire d'enquête et le guide d'entretien sont détaillés respectivement à l'**annexe 1 et 2**.

### 3.4. Analyse statistique

Les statistiques descriptives ont été appliquées pour synthétiser les données. Les paramètres de position et de dispersion (moyenne, médiane, écart type) et les fréquences (%) ont été calculés selon la nature de chaque variable. Le test chi-deux d'indépendance de Pearson a été appliqué pour les variables qualitatives alors que les tests non paramétriques basés sur les rangs (test de Wilcoxon) ont été appliqués sur des variables quantitatives en raison de l'absence de la normalité (Millot, 2018). Tous les tests ont été réalisés au seuil de significativité de 5%.

#### 3.4.1. Analyse de la perception du risque

La perception du risque de sécheresse et d'inondation a été analysée par le calcul de l'indice de perception à partir des indicateurs et leur comparaison selon le type de risque et l'expérience du risque. En effet, la perception du risque est une variable qualitative. Cependant, des indices sont de plus en plus utiles pour le quantifier (Rana et al., 2020). L'utilisation des indices composites permet une évaluation plus ou moins stable des phénomènes complexes difficilement mesurables (Lindén et al., 2021) telle que la perception du risque, comparativement à des indicateurs individuels (Willits et al., 2016). Les indicateurs choisis sont adaptés à la fois au risque d'inondation et de sécheresse afin de permettre une meilleure comparaison. Il n'existe pas de méthodologie universellement acceptée pour pondérer les indicateurs individuels de perception de risque avant de les agréger (Giupponi et al., 2015; Greco et al., 2019). Dans cette étude, tous les indicateurs ont été considérés avec un poids égal à 1 sur le niveau de perception de risque pour chaque ménage. L'indice composite de perception du risque pour chaque ménage a été calculé par la moyenne de scores affectés à chaque indicateur (Kiani et al., 2022; Rana et al., 2020) selon la formule :

$$IPR = (\sum_{i=1}^n W_i) / n \quad (1)$$

Avec : **IPR**, indice de perception de risque,

**W<sub>i</sub>**, le score affecté à l'indicateur *i*,

**n**, le nombre d'indicateur retenu pour la perception de risque.

Pour analyser le niveau de perception du risque entre l'inondation et la sécheresse, le test de Wilcoxon adapté aux données appariées a été utilisé (MacFarland et Yates, 2016; Millot, 2018). Il s'agit ici de faire la comparaison de l'IPR et des scores que les ménages ont affectés pour chaque indicateur de perception de risque entre la sécheresse et l'inondation. La même analyse a été réalisée pour évaluer l'effet de l'expérience de deux risques (sécheresse-inondation) sur la perception du risque. Il s'agissait de comparer la perception du risque de ménages qui ont déjà subi les conséquences ces deux risques et le reste de ménages. Le reste des ménages est constitué de ménages qui n'ont jamais subit les conséquences des inondations ni des sécheresses et ceux qui ont déjà subi les conséquences soit de l'inondation seulement ou de la sécheresse seulement.

### 3.4.2. Adaptation et intention de s'adapter pour les événements futurs

Le mode d'adaptation des ménages aux inondations et aux sécheresses a été évalué par les mesures d'adaptation déjà mises en place et la volonté de mettre en place des actions pour les événements futurs. La description des mesures d'adaptation a été réalisée selon la principale source de revenus et le milieu d'habitation du ménage. Nous avons également testé l'effet des caractéristiques sociodémographiques, de l'expérience du risque et de la perception du risque sur l'intention/volonté de mettre en place des mesures d'adaptation pour les événements futurs. Cette analyse a été réalisée par la régression logistique binaire en utilisant un modèle linéaire généralisé (GLM) (Yee, 2015). La variable dépendante est le fait d'être prêt (1) ou pas (0) à mettre en place des mesures d'adaptation pour les événements futurs d'inondation et de sécheresse. Le groupe des variables explicatives est constitué des caractéristiques sociodémographiques, de l'expérience du risque et de l'indice de perception du risque (**tableau 2**). L'effet de ce groupe de facteurs a été testé à travers deux modèles correspondant respectivement à l'inondation et à la sécheresse. Les effets marginaux des facteurs ayant un effet significatif ont été présentés graphiquement à l'aide des packages *ggeffects* et *ggpubr* à l'aide du logiciel R.

**Tableau 2.** Variables explicatives de l'intention/volonté à mettre en place des mesures d'adaptation pour les événements futurs d'inondation et de sécheresse (Qual. = qualitative, Quant. = quantitative)

Groupe	Variabes	Type	Modalité
<b>Sociodémographique</b>	Sexe	Qual	Femme
			Homme
	Groupe d'âge	Qual	[19-35[ [35-45[ [45-55[ [55-83]
	Niveau d'étude	Qual	Analphabète Primaire CEG Secondaire Universitaire et Post universitaire
	Taille de ménage	Quant.	--
	Source de revenus	Qual	Agriculture /Elevage Pêche Artisan Commerce Salaire
	Niveau de revenus	Qual	0-30k Ar 30k-60k Ar 60k -90k Ar 90k -150k Ar >150 k Ar

---

	Statut du propriétaire	Qual	Non Oui
	Ancienneté dans le milieu	Qual	<5 ans 5-10 ans 10-20 ans 20-30 ans ≥30 ans
<b>Expérience directe du risque</b>	Expérience du risque (I &S)	Qual	Non Oui
	Temps écoulé (I&S)	Qual	<1 ans ]1-5 ans] >5ans
	Conséquences (I&S) ?	Qual	Non Oui
	Conséquence de deux événements	Qual	Non Oui
<b>Expérience indirecte</b>	Education au risque	Qual	Non Oui
	Accès à la radio	Qual	Non Oui
<b>Perception du risque</b>	IPR	Quant.	--

---

## 4. Résultats

### 4.1. Profil des enquêtés

#### 4.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des ménages

Les caractéristiques sociodémographiques des ménages enquêtés varient significativement selon le milieu d'habitation (urbain ou rural) à l'exception du sexe et de l'âge du chef de ménage (**tableau 3**). Les ménages enquêtés sont dirigés en majorité par les hommes autant en milieu rural (60,6%) qu'en milieu urbain (63,3%). L'âge moyen des chefs de ménage est légèrement élevé en milieu urbain (46,1 ans) qu'en milieu rural (44,8 ans) mais la différence entre l'âge moyen n'est pas statistiquement significative ( $p < 0,05$ ). Les enquêtés ont en majorité un niveau d'étude inférieure ou égale au primaire (59,4%) dans le milieu rural alors que dans le milieu urbain plus de la moitié des enquêtés (51,7%) a au moins un niveau secondaire. Dans le milieu rural, les ménages sont constitués de 6 personnes en moyenne avec comme source de revenu principale l'agriculture et/ou l'élevage (74,9%). La plupart de ces ménages ont un revenu faible avec moins de 90 000 ariarys (~20 euros) par mois (67%). La quasi-totalité (98,3%) de ménages en milieu rural sont propriétaires de la maison dans laquelle ils habitent depuis plus de 30 ans. S'agissant de la taille de ménage, en milieu urbain, le nombre moyen (5,2) des personnes par ménage diminue comparativement aux ménages ruraux. Au niveau du milieu urbain, les revenus des ménages enquêtés proviennent principalement du salaire (38,9%) dans le secteur privé ou public et du commerce (21,1%). En milieu urbain, la majorité des ménages sont également propriétaires des maisons dans lesquelles ils habitent bien que les non-propriétaires soient plus représentés parmi les ménages urbains (22,5%). Les ménages non-propriétaires correspondent généralement aux ménages qui se sont installés dans la zone il y a moins de 5 ans (15,6% en milieu urbain). Le **tableau 3** présente les caractéristiques sociodémographiques des ménages enquêtés.

**Tableau 3.** Caractéristiques sociodémographiques des ménages

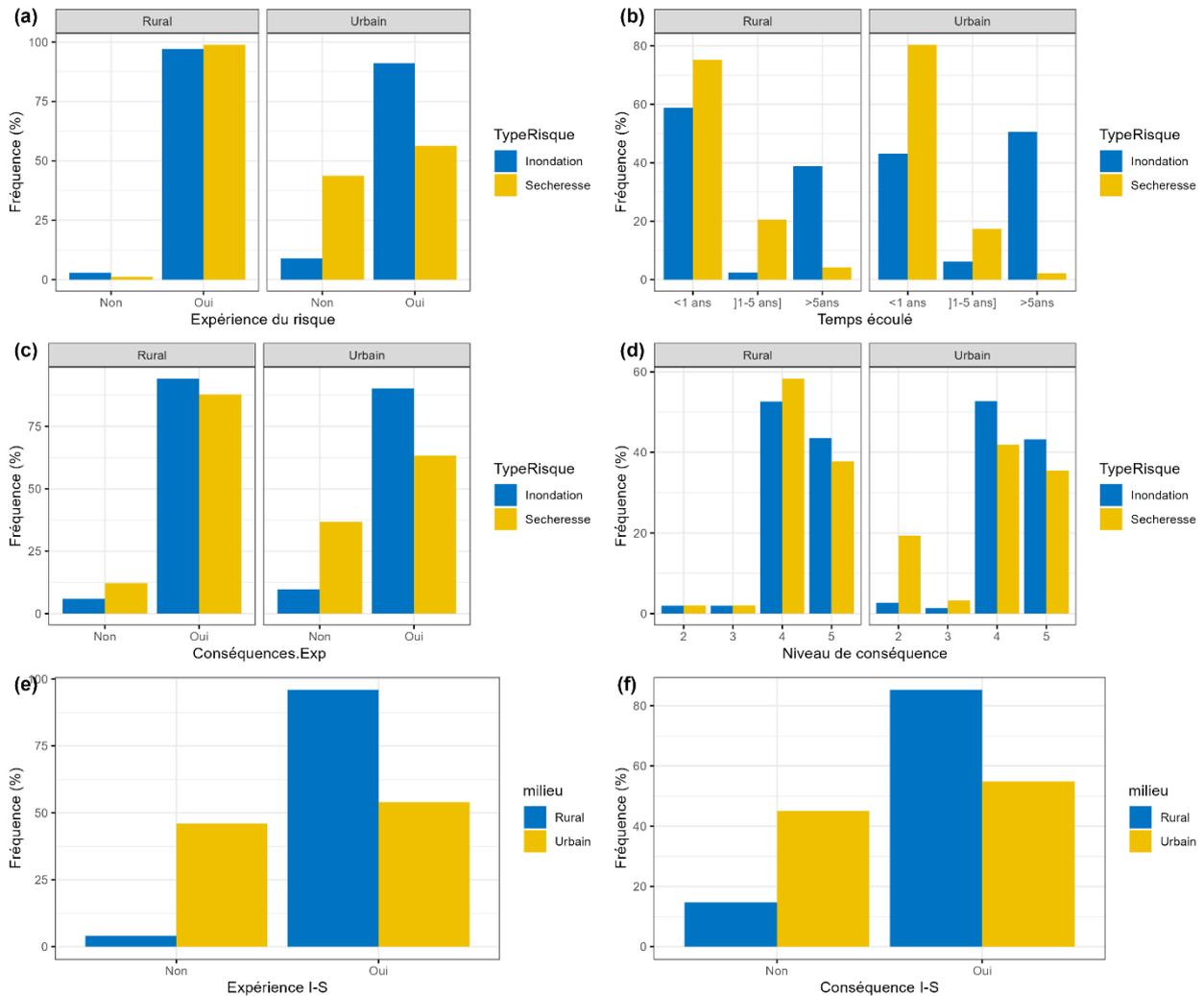
Variables	Modalité	Rural	Urbain	p
Sexe	Femme	69 (39,4)	33 (36,7)	0,761
	Homme	106 (60,6)	57 (63,3)	
Age	Moyenne (ECT)	44,8 (13,5)	46,1 (10,3)	0,447
Niveau d'étude	Analphabète	20 (11,4)	1 (1,1)	<0,00 1
	Primaire	84 (48,0)	20 (22,5)	
	CEG	37 (21,1)	22 (24,7)	
	Secondaire	30 (17,1)	29 (32,6)	
	Universitaire et Post universitaire	4 (2,3)	17 (19,1)	
Taille de ménage	Moyenne (ECT)	6,0 (2,6)	5,2 (2,4)	0,011
Source de revenus	Agriculture /Élevage	131 (74,9)	8 (8,9)	<0,00 1
	Pêche	1 (0,6)	17 (18,9)	
	Artisanat	4 (2,3)	11 (12,2)	

	Commerce	20 (11,4)	19 (21,1)	
	Salariat	19 (10,9)	35 (38,9)	
<b>Niveau de revenus</b>	0-30 k Ar	16 (9,2)	3 (3,3)	<0,00 1
	30 k-60 k Ar	45 (26,0)	9 (10,0)	
	60 k-90 k Ar	55 (31,8)	13 (14,4)	
	90 k-150 k Ar	33 (19,1)	18 (20,0)	
	>150 k Ar	24 (13,9)	47 (52,2)	
<b>Statut de propriétaire</b>	Non	3 (1,7)	20 (22,5)	<0,00 1
	Oui	171 (98,3)	69 (77,5)	
<b>Ancienneté dans le milieu</b>	<5 ans	7 (4,0)	14 (15,6)	<0,00 1
	5-10 ans	8 (4,6)	9 (10,0)	
	10-20 ans	18 (10,3)	19 (21,1)	
	20-30 ans	35 (20,0)	19 (21,1)	
	>=30 ans	107 (61,1)	29 (32,2)	

Note : ECT = Ecart-type, les valeurs entre parenthèses représentent les pourcentages sur base du total de chaque milieu (175 ménages pour le milieu rural et 90 ménages pour le milieu urbain)

#### 4.1.2. Expérience directe du risque d'inondation et de sécheresse par le ménage

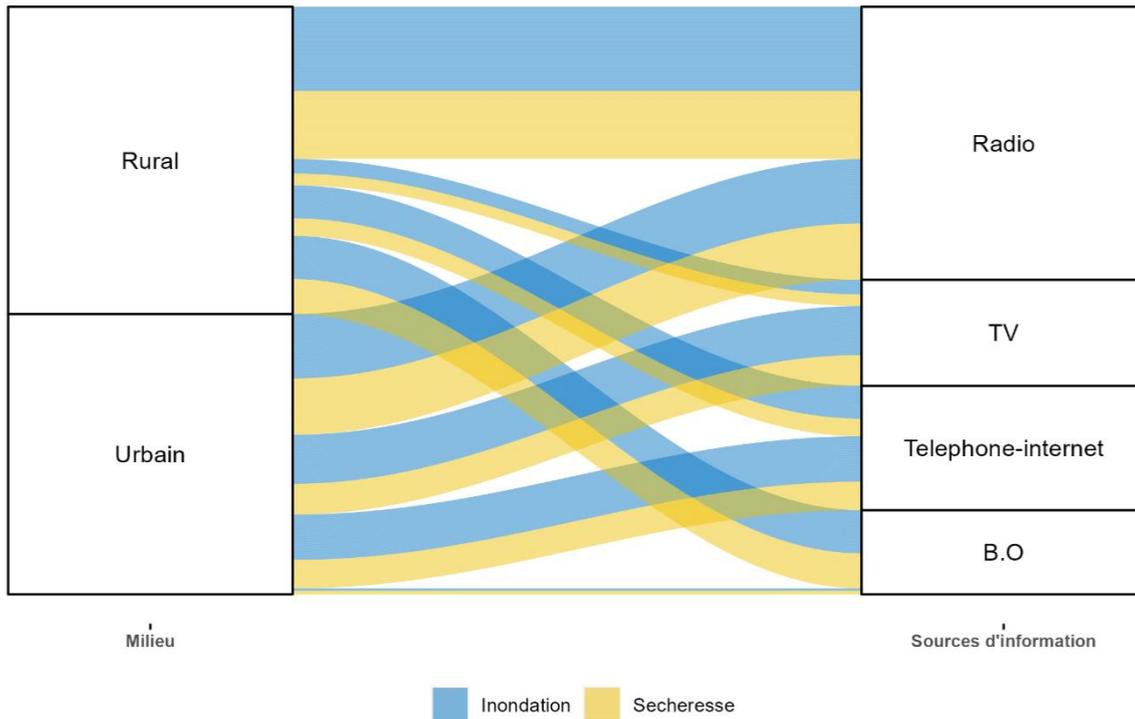
Une grande majorité des ménages a déjà vécu au moins une inondation dans leur zone d'habitation autant en milieu rural (97,1%) qu'en milieu urbain (91,1%). En revanche, moins des ménages urbains (56,3%) ont déjà vécu la sécheresse comparativement à ceux du milieu rural (98,9%). En milieu rural, les ménages qui ont déjà vécu l'inondation dans leur zone d'habitation affirment en majorité (94,1%) qu'ils ont subi des impacts négatifs à cause d'au moins un évènement d'inondation vécu. Le dernier évènement d'inondation vécu remonte de moins d'un an pour 58,8% de ménages interrogés (**figure 2**). S'agissant de la sécheresse, 87,8% des ménages ruraux qui ont déjà vécu ce phénomène qui affirment avoir déjà subi des impacts causés par au moins un épisode de sécheresse vécu. Parmi les ménages ayant vécu les sécheresses et/ou les inondations dans le milieu urbain, la majorité affirme qu'ils ont également subi des impacts des inondations (90,2%) et de sécheresse (63,3%). La plupart des ménages ont vécu leur dernière expérience d'inondation il y a plus de 5 ans (50,6%) alors que pour la sécheresse la dernière expérience remonte de moins d'un an (80,4%). La proportion des ménages ayant subi les conséquences de ces deux risques est de 85,3% en milieu rural et de 54,9% en milieu urbain. La **figure 2** présente les proportions de ménages selon leur expérience du risque d'inondation et de sécheresse.



**Figure 2.** Distribution des ménages selon leur expérience de risques d'inondation et de sécheresse ((a) ménages qui ont déjà vécue (ou vue de leur propre yeux) une inondation ou une sécheresse, (b) : Temps écoulée depuis la dernière expérience d'inondation ou de la sécheresse, (c) ménages ayant déjà subi des conséquence négatifs d'une inondation ou une sécheresse, (d) niveau de conséquence subit, (e) ménage qui ont déjà vécue les phénomènes (I-S), (f) ménages qui ont déjà subi des conséquences de ces deux phénomènes (I-S)).

#### 4.1.3. Sensibilisation aux risques et accès aux sources d'information

La sensibilisation (ou l'éducation) aux risques de sécheresse et d'inondation n'est pas fréquente pour la majorité des ménages. Seuls 22,4% et 13,8% des ménages ruraux enquêtés ont affirmé qu'ils ont déjà suivi une séance d'éducation ou de sensibilisation respectivement sur le risque d'inondation et de sécheresse ainsi que sur les mesures d'adaptation. Cette tendance reste similaire dans le milieu urbain où seulement 25,6% et 7,8% de ménages affirment avoir suivi une éducation respectivement au risque d'inondation et au risque de sécheresse. Une proportion de 13,8% (rural) et de 7,8 % (urbain) des ménages affirment avoir déjà suivie une éducation/formation sur les deux risques. Les ménages ont accès principalement aux informations relatives aux risques d'inondation et de sécheresse via la radio, la télévision et l'internet grâce au téléphone portable (**figure 3**). Dans le milieu rural, une partie de la population accède aux informations par la voie de bouche à oreille.

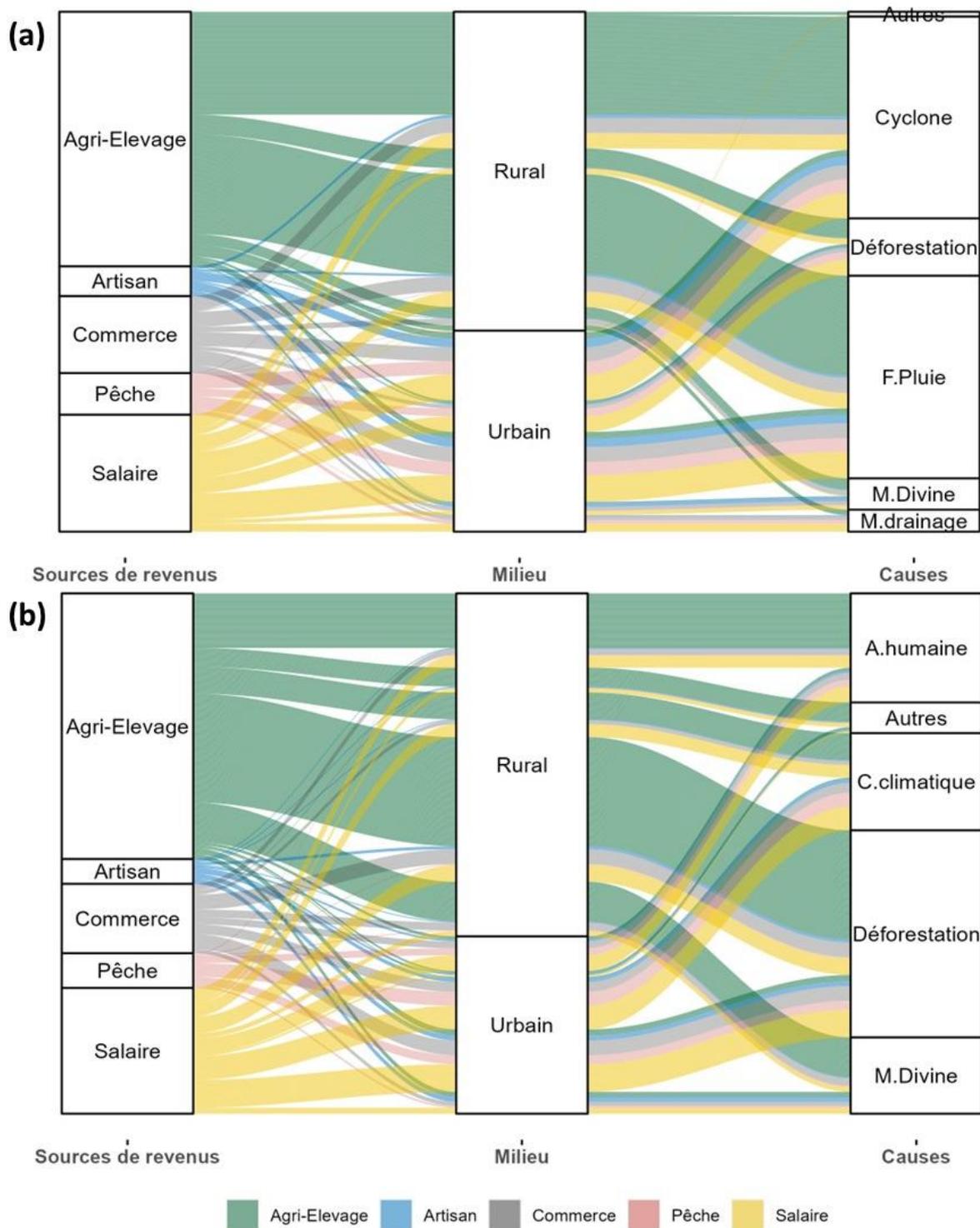


**Figure 3.** Sources d'informations relatives aux risques d'inondation et de sécheresse (B.O : Bouche à Oreille ; TV : Télévision)

## 4.2. Perception de la coexistence Inondation-Sécheresse

### 4.2.1. Connaissance des causes d'inondation et de sécheresse

Les causes d'inondation et de sécheresse connues dans les ménages varient des causes naturelles aux causes anthropiques. La majorité des ménages en milieu urbain et rural pense que les principales causes des inondations vécues sont les cyclones et les fortes pluies dans leur zone d'habitation (**figure 4a**). D'autres enquêtés pensent que la déforestation est à l'origine de l'apparition des inondations. Au niveau du milieu urbain, les ménages pensent aussi que le mauvais état et/ou l'absence du système de drainage est parmi les causes des inondations dans leur zone d'habitation. Les causes majeures perçues pour la sécheresse sont notamment : (i) la déforestation, (ii) le changement climatique, (iii) d'autres activités humaines qui dégradent l'environnement comme l'agriculture traditionnelle sur brûlis (**figure 4b**). Certains ménages pensent aussi que les inondations et les sécheresses vécues sont la résultante de la malédiction divine. Ceux-ci considèrent que les dieux sont fâchés contre eux. La **figure 4** présente les causes connues par les ménages pour l'inondation et la sécheresse.



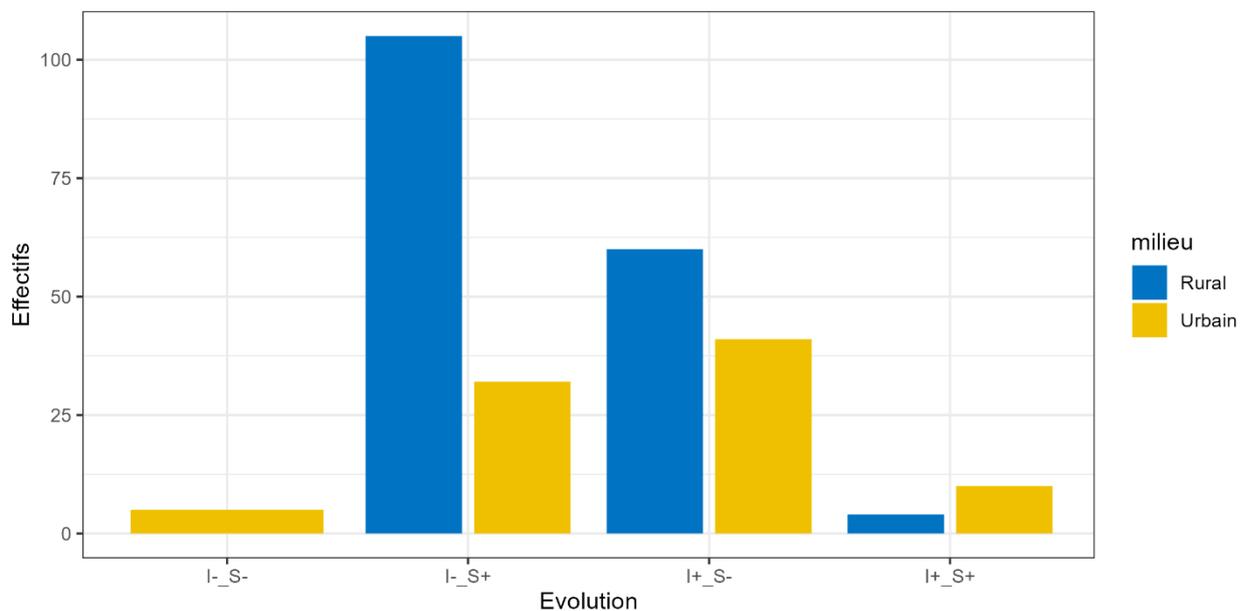
**Figure 4.** Causes connues pour (a) l'inondation et (b) la sécheresse selon les principales sources de revenus (ou profession) et le milieu d'habitation. (M.Divine = Malédiction divines, C.Climatique = Changement climatique, A.humaine = Activités humaines, M.Drainage= mauvais état du réseau de drainage, F.Pluie =fortes pluies)

#### 4.2.2. Évolution des événements

L'évolution des événements d'inondation et de sécheresse est perçue différemment par les ménages dans les milieux urbain et rural (**figure 5**). En effet, en milieu rural, la majorité des ménages pensent que la tendance future de ces risques hydroclimatiques sera caractérisée par

une augmentation des épisodes de sécheresse et une diminution des événements d'inondation. A l'opposé, une grande partie des ménages du milieu urbain pense qu'il y aura plutôt une augmentation des inondations suivie d'une diminution des sécheresses. La **figure 5** présente la distribution des ménages selon leur perception de l'évolution des événements futurs d'inondation et de sécheresse.

Les autorités locales ont des avis quelque peu similaires à ceux des ménages par rapport à l'évolution future des événements. Au cours des entretiens, les chefs de fokontany (quartiers) en milieu urbain pensent que dans le futur, la fréquence des inondations va augmenter. Cependant, pour la sécheresse les avis sont partagés. Pendant que l'un affirme qu'il y aura également augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse, l'autre n'a pas su se projeter dans l'avenir pour visualiser l'évolution de ce phénomène dans son quartier. Contrairement au milieu urbain, les autorités locales rencontrées en milieu rural sont pour la plupart unanimes sur l'augmentation à la fois des inondations et des sécheresses dans leurs zones. Par ailleurs, l'autorité locale rencontrée à Saint augustin insiste sur l'augmentation des sécheresses de plus en plus sévère dans sa zone. Au niveau du Service Technique de Gestion de Risques et de Catastrophes du district de Toliara II, la perception de l'évolution future de ces deux risques est différente selon le lieu. Les responsables de ce service pensent qu'il y aura augmentation de sécheresse et diminution des inondations dans le sud du district alors que dans le nord, il y aura plutôt augmentation des inondations et diminution des épisodes de sécheresse.

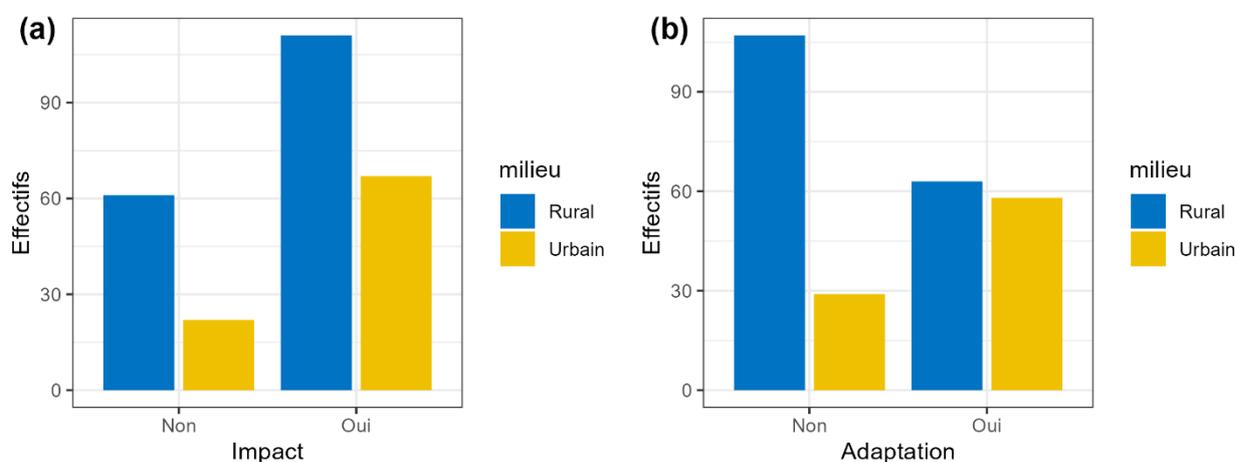


**Figure 5.** Distribution des ménages selon leur perception de l'évolution des phénomènes d'inondation et des épisodes de sécheresse. (Les signes « + » et « - » signifient respectivement augmentation et diminution des inondations (I) ou des sécheresses (S))

#### 4.2.3. Implication de la coexistence I-S sur les impacts ressentis et l'adaptation

La coexistence des inondations et des sécheresses influence différemment les impacts ressentis et l'adaptation au risque unique d'inondation ou de sécheresse. Dans le milieu rural (64,5%) et urbain (75,3%), la plupart d'enquêtés pensent que la coexistence I-S augmente les impacts ressentis soit pour l'inondation soit pour la sécheresse comparativement la situation avec un

seul risque (**figure 6a**). Cependant pour l'adaptation, la majorité (62,9%) de ménages ne considère pas cette coexistence I-S comme un défi supplémentaire contrairement à ceux du milieu urbain (66,7%) où l'adaptation aux inondations et/ou aux sécheresses est influencée par cette coexistence (**figure 6b**). Dans le milieu rural, les ménages majoritairement agriculteurs pensent que les évènements d'inondation avant ou après les épisodes de sécheresse constituent un soulagement pour eux en raison du fait que ces inondations contribuent à l'approvisionnement des champs en eau pendant quelques jours. Toutefois, d'autres ménages agriculteurs ont affirmé d'une part, que lors des inondations, les canaux mis en place dans leurs champs pour faire face à la sécheresse sont détruits, et d'autre part, les petites digues mises en place pour protéger les champs contre les inondations empêchent l'eau de s'écouler vers leurs champs pendant les périodes secs, ce qui rend difficile l'adaptation. En plus, certains ménages considèrent également qu'ils n'ont pas assez de moyens pour faire face à ces deux risques à cause de la pauvreté. La **figure 6** présente la répartition des ménages selon leur perception sur l'implication de la coexistence I-S sur les impacts ressentis et l'adaptation à ces deux risques.



**Figure 6.** Répartition de ménages selon leur perception sur l'implication de la coexistence I-S sur (a) les impacts ressentis et (b) l'adaptation à ces deux risques

### 4.3. Coexistence Inondation-Sécheresse et Perception du risque

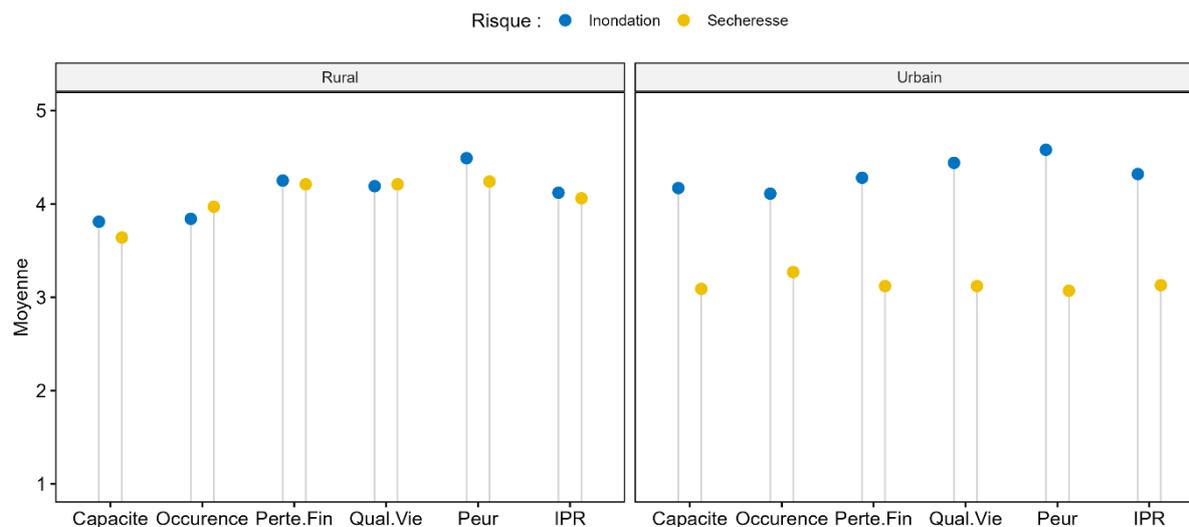
#### 4.3.1. Perception du risque d'inondation et de sécheresse

Globalement, les indicateurs de perception du risque révèlent que les ménages ont une perception élevée pour le risque d'inondation par rapport à la sécheresse. L'écart s'accroît beaucoup plus dans le milieu urbain comparativement au milieu rural (**figure 7**). En effet, le type d'aléas influence significativement la perception du risque. En milieu urbain comme en milieu rural, l'indice de perception de risque (IPR) varie significativement ( $p < 0,05$ ) selon qu'il s'agit de la sécheresse ou de l'inondation (**tableau 4**). De même, tous les indicateurs de perception du risque sont significativement ( $p < 0,001$ ) différents entre l'inondation et la sécheresse en milieu urbain. Cependant, considérant le milieu rural, la perception de l'intensité des impacts potentiels des évènements futurs d'inondation ou de sécheresse sur la qualité de vie et les pertes financières est la même, bien que le niveau de peur ressentie, la perception de l'occurrence et la perception de la capacité à faire face soient significativement différents.

**Tableau 4.** Comparaison des indicateurs de perception du risque selon les types de risque avec le test de Wilcoxon (n : Effectifs, Moy: Moyenne, ECT : Écart-type, M : Médiane, p : p-valeur)

Milieu	Variables	Inondation			Sécheresse			p	Signif
		n	Moy (ECT)	M	n	Moy (ECT)	M		
Rural	Peur	173	4,49 (0,73)	5	174	4,24 (0,78)	4	<0,001	***
	Occurence	174	3,84 (0,78)	4	175	3,97 (0,58)	4	0,0266	*
	Qual.Vie	174	4,19 (0,74)	4	175	4,21 (0,62)	4	0,304	ns
	Perte.Fin	173	4,25 (0,67)	4	174	4,21 (0,63)	4	0,12	ns
	Capacite	171	3,81 (0,77)	4	171	3,64 (0,87)	4	<0,001	***
	IPR	174	4,12 (0,51)	4,2	175	4,06 (0,45)	4	0,0197	*
Urbain	Peur	86	4,58 (0,64)	5	84	3,07 (1,08)	3	<0,001	***
	Occurrence	89	4,11 (0,73)	4	85	3,27 (1,03)	3	<0,001	***
	Qual.Vie	90	4,44 (0,72)	5	89	3,12 (1,16)	3	<0,001	***
	Perte.Fin	89	4,28 (0,99)	5	86	3,12 (1,14)	3	<0,001	***
	Capacite	89	4,17 (0,51)	4	87	3,09 (0,86)	3	<0,001	***
	IPR	90	4,32 (0,52)	4,45	90	3,13 (0,87)	3	<0,001	***

Légende : \*, \*\*, \*\*\* effets significatifs respectivement au seuil de 0,05 ; 0,01 ; 0,001 et ns : effets non significatifs.



**Figure 7.** Indicateurs de perception de risque d'inondation et de sécheresse dans le milieu rural et le milieu urbain.

#### 4.3.2. Effet de l'expérience sur la perception du risque

L'effet de l'expérience de risques d'inondation et de sécheresse a été testé en comparant la perception du risque entre les ménages qui ont déjà subi les conséquences de deux phénomènes (inondation et sécheresse) dans leur passé et ceux qui ont déjà subi ou pas les conséquences de d'un seul événement (soit inondation, soit sécheresse selon les cas). Les résultats montrent que le fait d'avoir subi les conséquences de deux risques (inondation et sécheresse) influence significativement l'indice de perception du risque et tous les indicateurs pour la sécheresse alors que pour l'inondation, il influence seulement la perception de l'occurrence et la perception de la capacité à faire face aux inondations (**tableau 5**). Les ménages qui ont l'expérience de ces deux phénomènes ont une perception faible de risque d'inondation

comparativement aux autres qui n'ont jamais subit les conséquences de ces deux risques. Cependant pour la sécheresse, la perception du risque est élevée pour ceux qui ont déjà subit les conséquences de ces deux risques. Le **tableau 5** présente l'effet de l'expérience du risque sur les indicateurs de perception de risque d'inondation et de sécheresse avec le test de Wilcoxon.

**Tableau 5.** Effet de l'expérience de conséquences des inondations et des sécheresses dans le passé sur la perception du risque

Variable	Inondation			Sécheresse		
	Non	Oui	p.valeur	Non	Oui	p.valeur
Peur	4.5 (0.7)	4.5 (0.7)	0.998	3.4 (1.0)	4.1 (1.0)	< <b>0.001</b>
Occurence	4.1 (0.7)	3.8 (0.8)	<b>0.003</b>	3.6 (0.9)	3.8 (0.7)	<b>0.014</b>
Qual.Vie	4.4 (0.8)	4.2 (0.7)	0.234	3.5 (1.1)	4.0 (0.8)	< <b>0.001</b>
Perte.Fin	4.3 (0.9)	4.3 (0.7)	0.917	3.5 (1.1)	4.0 (0.8)	< <b>0.001</b>
Capacite	4.1 (0.6)	3.9 (0.7)	<b>0.039</b>	3.3 (0.8)	3.5 (0.9)	<b>0.032</b>
IPR	4.3 (0.6)	4.1 (0.5)	0.073	3.4 (0.8)	3.9 (0.7)	< <b>0.001</b>

#### 4.4. Coexistence Inondation-Sécheresse et adaptation au risque

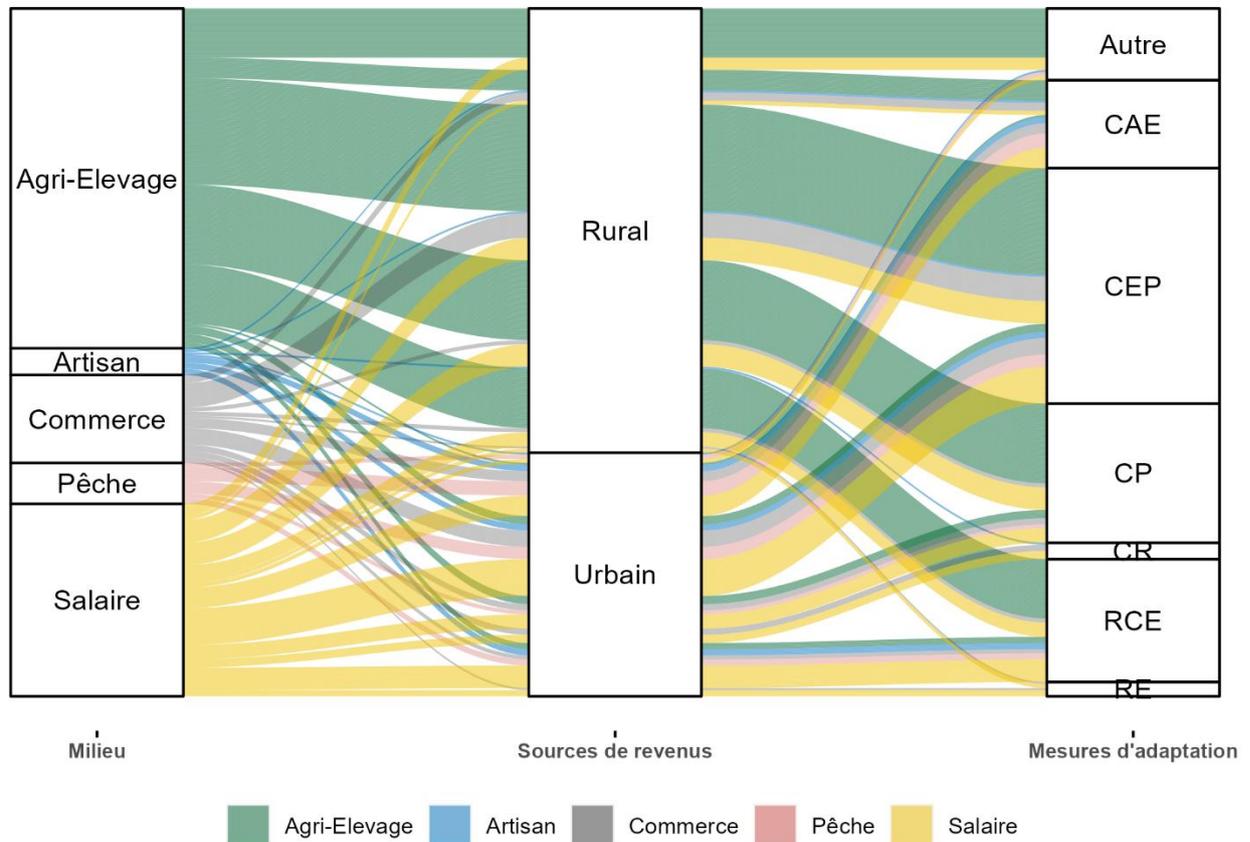
##### 4.4.1. Mesures d'adaptation mise en place

###### 4.4.1.1. Mesures d'adaptation à la sécheresse

La majorité des ménages enquêtés ont déjà mis en place au moins une mesure d'adaptation face à la sécheresse (72,3% en milieu rural et 52,2% en milieu urbain). Les différentes mesures d'adaptation mises en place par les ménages pour faire face à la sécheresse sont présentées à la **figure 8**. La plupart de ménages ruraux (principalement agriculteurs et/ou éleveurs) s'adaptent à la sécheresse en faisant la collecte de l'eau de pluie, le choix des cultures et variétés tolérantes au stress hydrique et la réduction de la consommation de l'eau dans le ménage. Certains agriculteurs changent aussi d'activités économiques et s'orientent parfois dans la fabrication du charbon de bois responsable de la déforestation. D'autres mesures d'adaptation utilisées par les agriculteurs et/ou les éleveurs sont notamment le creusement de puits et l'irrigation à travers des petits canaux. Les ménages non-agriculteurs et/ou non-éleveurs qui habitent principalement le milieu urbain s'adaptent aussi à la sécheresse en pratiquant la récolte des eaux de pluie mais aussi et surtout en changeant/diversifiant la principale activité économique et la source de revenus. Peu de ménages ont changé de lieu de résidence ou pratiquent la réutilisation de l'eau pour s'adapter à la sécheresse dans leur ménage.

A l'échelle de commune, les autorités locales rencontrées en milieu urbain n'ont rien signalé comme actions mises en place dans leurs quartiers pour faire face aux sécheresses. Par contre, en milieu rural, les autorités ont initié principalement la construction et l'entretien des canaux d'irrigation et la construction des forages. Pour le cas particulier de la commune de Miary, l'autorité rencontrée a affirmé que les actions de sensibilisation sur la protection de l'environnement et les bonnes pratiques agricoles sont également mises en place dans la commune pour lutter contre la sécheresse. En plus, les ménages reçoivent des vivres et des semences tolérantes à la sécheresse pour booster leur résilience face au choc de la sécheresse. A l'échelle du district de Toliara, les actions se limitent principalement à la prévention en

interdisant aux agriculteurs l'usage de feux de brousses. Ils prévoient également faire un stock de pré-positionnement pour faire face aux éventuels évènements futurs.

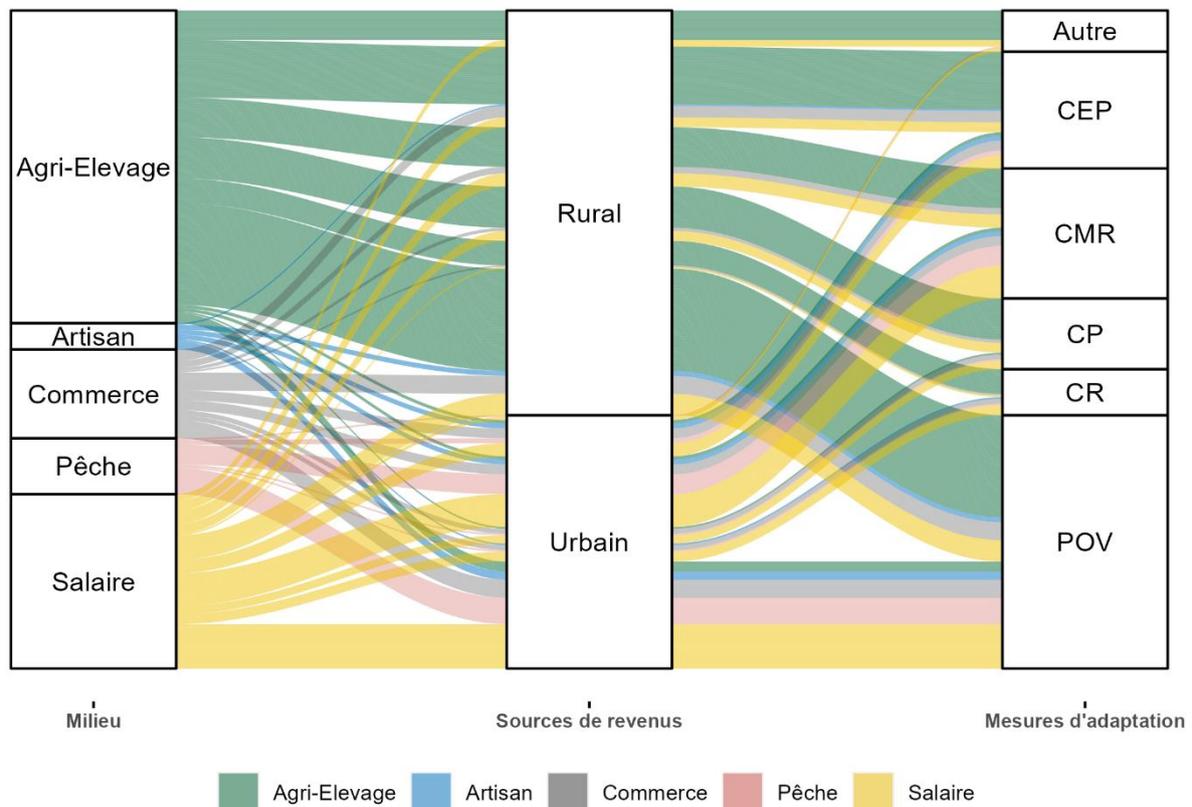


**Figure 8.** Mesures d'adaptation prises par les ménages pour faire face à la sécheresse (RCE : réduction de la consommation d'eau, CEP : collecte d'eau de pluie, CP : Choix de plantes adaptées à la sécheresse, RE : La réutilisation de l'eau, CAE : Changement d'activité économique, CR : Changement du lieu résidence, Autres à préciser).

#### 4.4.1.2. Mesures d'adaptation aux inondations

Face aux inondations, 72,4% et 76,7% de ménages vivant respectivement en milieu rural et urbain ont affirmé qu'ils ont déjà mis en place au moins une mesure pour faire face aux inondations. Les mesures mise en place par ces ménages sont présentées à la **figure 9**. En milieu urbain comme en milieu rural, la majorité des ménages s'adaptent en construisant des maisons résistantes à l'inondation (CMR) et en protégeant des objets de valeur et le bétail pendant les inondations (POV). Comme pour la sécheresse, les ménages (surtout en milieu rural) affirment qu'ils collectent l'eau de pluie pour essayer de minimiser l'eau qui ruisselle (CEP). Le choix de cultures et de variétés tolérantes vis-à-vis de l'excès d'eau (CP) est aussi pratiqué par les ménages d'agriculteurs vivant principalement dans le milieu rural comme moyen de s'adapter aux évènements d'inondations. D'autres ménages changent de lieu de résidence vers les endroits sûrs. Certaines mesures pratiquées sont le drainage de l'excès d'eau dans les champs par le creusement des canaux et utilisent aussi des motopompes (en milieu urbain) pour évacuer l'excès d'eau.

Le gouvernement Malgache a construit une digue pour protéger la population contre le débordement du fleuve Fiherena. En plus, au niveau de la commune urbaine, les activités de lutte contre les inondations consistent principalement à la construction et l'entretien (dragages/curage) des canaux pour améliorer le système de drainage dans la ville et à l'acquisition de motopompes pour évacuer l'eau pendant les inondations. En milieu rural par contre, les mesures d'adaptation mises en place par les autorités locales consistent principalement à déplacer les populations vers les zones non touchées par les inondations, à sensibiliser (via le BNGRC et la croix rouge) la population sur le comportement à prendre lors des inondations. Bien plus dans la commune de Maromiandra, les autorités rencontrées ont affirmé que dans leur histoire, ils ont recouru aux forces mystiques via les sacrifices pour demander que les fleuves ne puissent pas inonder leur zone. Ces autorités ont expliqué que le lit du fleuve s'est déplacé (jusqu'à son emplacement actuel) mais actuellement ils sont obligés de ramener l'eau dans leur village via des canaux.



**Figure 9.** Mesures d'adaptation prises par les ménages pour faire face aux inondations (**CEP** : collecte d'eau de pluie, **POV** : Protection des objets de valeur, **CP** : Choix de plantes adaptées à l'excès d'eau, **CMR** : Construction d'une maison résistante, **CR** : Changement de lieu résidence, **Autre** : Autres mesures).

#### 4.4.2. Déterminants de l'adaptation pour les événements futurs

Environ 65,4% de ménages sont prêts à mettre en place des mesures d'adaptation pour faire face aux événements futurs d'inondation alors que seulement 48,8% de ménages sont prêts à le faire pour la sécheresse. Une combinaison de plusieurs facteurs contribue à la formation de cette volonté de mettre en place des mesures d'adaptation. La régression logistique binaire a permis d'évaluer l'effet des caractéristiques sociodémographiques, de l'expérience du risque

et de la perception du risque sur l'intention/volonté d'entreprendre des actions d'adaptation face aux événements futurs d'inondation ou de sécheresse (**tableau 6**). Les modèles réalisés présentent des valeurs d'AIC de 170,41 et de 206,81 respectivement pour l'inondation et la sécheresse. Les résultats montrent que les caractéristiques sociodémographiques qui influencent significativement ( $p < 0,05$ ) l'intention de mettre en place des mesures d'adaptation pour les événements futurs sont différents selon qu'il s'agit de la sécheresse ou de l'inondation. Hormis le niveau d'étude du chef de ménage qui influence significativement l'intention d'adaptation pour les deux risques, 4 caractéristiques sociodémographiques ont un effet significatif pour l'inondation et 2 pour la sécheresse. Les caractéristiques ayant un effet significatif pour l'inondation sont : (i) la commune de résidence, (ii) l'âge du chef de ménage, (iii) le statut foncier et (iv) l'ancienneté dans la zone d'habitation. Par contre pour la sécheresse, ces caractéristiques sont : (i) la taille de ménage et (ii) le niveau de revenu. La perception du risque influence significativement l'intention et/ou la volonté de mettre en place les mesures d'adaptation pour les 2 risques (sécheresse et inondation). De même, le fait d'avoir subi des conséquences soit de 2 risques ou d'un seul risque influence significativement l'intention de mettre en place les mesures d'adaptation par un ménage face ces deux risques. Le **tableau 6** présente l'ensemble des facteurs explicatifs avec leur niveau de significativité sur les variables dépendantes.

**Tableau 6.** Les facteurs déterminants de la volonté de mettre en place des mesures d'adaptations aux événements futurs avec la régression logistique binaire

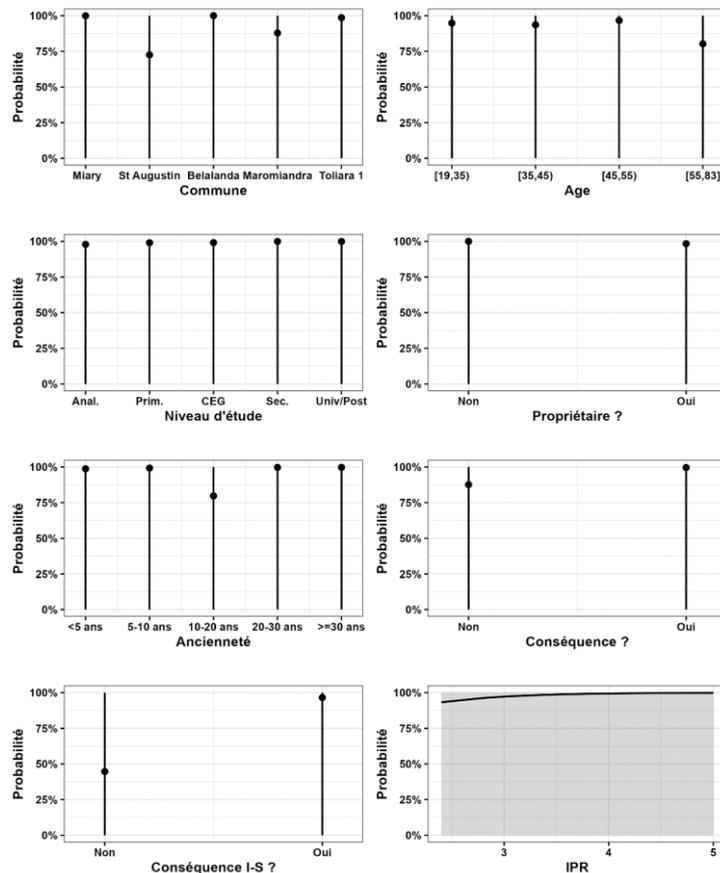
VI	Inondation			Sécheresse		
	LRT	Df	Pr(>Chisq)	LRT	Df	Pr(>Chisq)
Commune ( <i>sd</i> )	24,035	4	< <b>0,001</b> ***	9,001	4	0,061
Sexe ( <i>sd</i> )	0,232	1	0,630	0,052	1	0,819
Age ( <i>sd</i> )	10,972	3	<b>0,012</b> *	2,560	3	0,465
Niveau d'étude ( <i>sd</i> )	11,038	4	<b>0,026</b> *	12,417	4	<b>0,015</b> *
Taille de ménage ( <i>sd</i> )	0,295	1	0,587	6,458	1	<b>0,011</b> *
Source de revenus ( <i>sd</i> )	4,346	4	0,361	2,273	4	0,686
Niveau de revenu ( <i>sd</i> )	3,329	4	0,504	14,134	4	<b>0,007</b> **
Propriétaire ? ( <i>sd</i> )	5,187	1	<b>0,023</b> *	0,101	1	0,751
Ancienneté ( <i>sd</i> )	18,942	4	< <b>0,001</b> ***	2,416	4	0,660
Expérience direct ( <i>exp</i> )	1,307	1	0,253	1,056	1	0,304
Temps écoulé ( <i>exp</i> )	0,730	2	0,694	3,213	2	0,201
Conséquence ? ( <i>exp</i> )	4,000	1	<b>0,046</b> *	6,132	1	<b>0,013</b> *
Conséquence I-S ? ( <i>exp</i> )	7,795	1	<b>0,005</b> **	10,177	1	<b>0,001</b> **
Education I-S ( <i>exp</i> )	0,926	1	0,336	0,255	1	0,614
Accès à la radio ( <i>exp</i> )	2,666	1	0,103	2,479	1	0,115
IPR ( <i>pr</i> )	4,665	1	<b>0,031</b> *	3,892	1	<b>0,049</b> *

Légende : **VI**, Variable indépendante, **LRT**, Rapport de vraisemblance, **Pr (>chisq)**, p-valeur du test de chi-deux, (**sd**), variables relatives aux caractéristiques sociodémographiques, (**exp**), variables relatives à l'expérience du risque, (**pr**), variables relatives à la perception du risque.

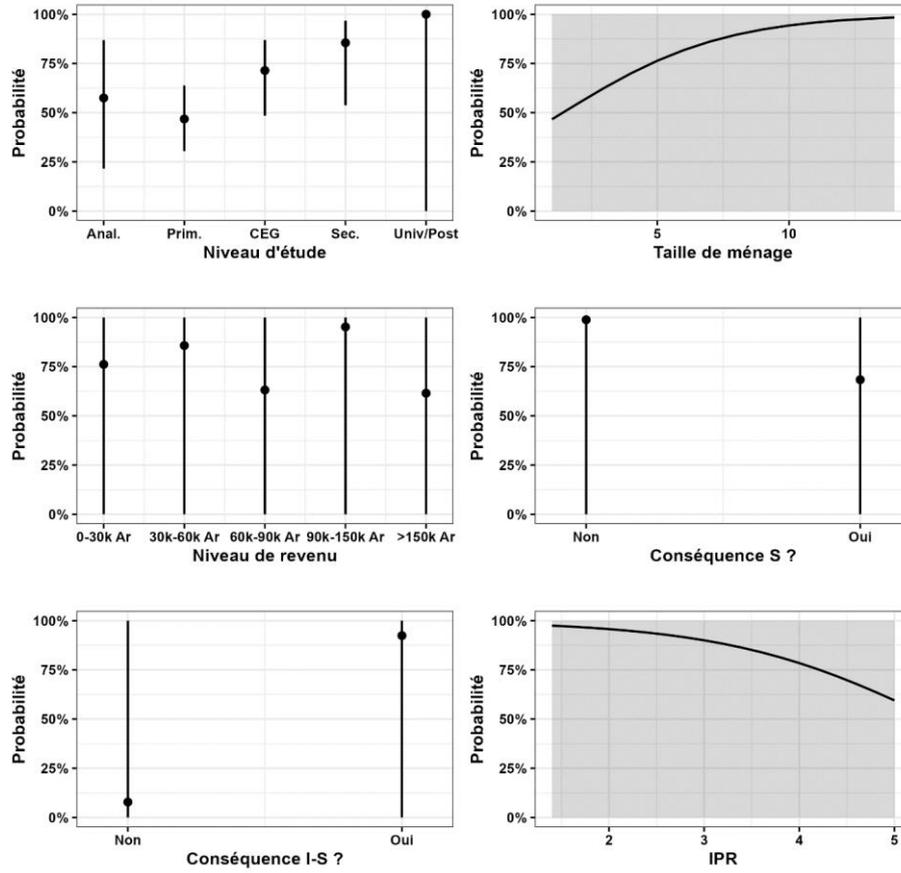
Les effets marginaux des facteurs ayant une influence significative dans chaque modèle sont présentés au niveau des **figures 10** et **11**. Globalement, les ménages ayant subi les

conséquences de deux risques sont plus susceptibles de mettre en place des mesures d'adaptation face aux inondations et aux futurs épisodes de sécheresse. De même, avoir subi les conséquences des inondations augmente la probabilité qu'un ménage soit prêt à mettre en place des mesures d'adaptation face à ce risque **figure 10**. Cependant, les ménages ayant subi les conséquences de la sécheresse sont moins susceptibles mettre en place des mesures d'adaptation bien que cette probabilité devienne plus élevée (comparativement à ceux qui n'ont pas encore subi les conséquences de ce deux risque) lorsque ces ménages subissent aussi des conséquences des inondations (**figure 10**). La probabilité d'être prêt à mettre en place des mesures d'adaptation tend à augmenter lorsque la perception du risque augmente pour les inondations, contrairement à la sécheresse où cette probabilité diminue.

La probabilité qu'un ménage soit prêt à mettre des actions en place pour s'adapter/se préparer aux événements futurs d'inondation varie selon la commune de résidence. Les ménages qui habitent les communes de Miary, Belalanda, Maromiandra et Toliara 1 sont relativement plus susceptibles de mettre en place des mesures d'adaptation comparativement à ceux qui habitent la commune de St Augustin. La commune de résidence n'a cependant pas d'effet significatif ( $p < 0,05$ ) pour la sécheresse. En revanche, la probabilité augmente globalement avec le niveau d'étude et la taille de ménage. Enfin, la probabilité de mettre en place des actions pour s'adapter à la sécheresse selon le niveau de revenu n'est pas linéaire et peut varier d'une classe à une autre (**figure 10**).



**Figure 10.** Effets marginaux des facteurs significatifs sur la volonté de mettre en place des actions d'adaptation face aux inondations futures



**Figure 11.** Effets marginaux des facteurs significatifs sur la volonté de mettre en place des actions d'adaptation face aux futurs épisodes de sécheresse.

## 5. Discussion

La coexistence I-S impacte les systèmes humains et naturels à tous les niveaux. La coexistence I-S et/ou leur alternance brusque peut induire des impacts plus graves que ceux des événements uniques d'inondation ou de sécheresse (Zhao et al., 2020). Des études ont déjà montré les impacts et la réaction de systèmes comme l'agriculture (Zhang et al., 2015; Bin Rahman et Zhang, 2016; Yao et al., 2022), les écosystèmes (Alho et Silva, 2012; Shi et al., 2022) et d'autres processus face à la coexistence et/ou l'alternance brusque I-S. Dans ce sens notre étude apporte une contribution sur la connaissance de la façon dont dans le système sociale/humain réagit face à ce phénomène. En effet, dans un contexte multirisque la population peut sous-estimer certains risques, ce qui peut empêcher une préparation/adaptation appropriée (Papagiannaki et al., 2019). En plus, la réponse de la société et des ménages à un aléas peut influencer les composantes du risque d'un aléa opposé (Matanó et al., 2022) et les mesures mise en place peuvent avoir des rétroactions (positive ou négative) (Ward et al., 2020). Les ménages ruraux et urbains des districts de Toliara I et II vivent dans un contexte de coexistence I-S et ils réagissent différemment. De la connaissance de causes des inondations et des sécheresses, jusqu'à l'adaptation, en passant par la perception du risque et de l'évolution de ces deux phénomènes (sécheresse et inondation), les avis sont partagés.

### 5.1. Causes et influence de la coexistence I-S sur les impacts ressentis et l'adaptation

La connaissance des causes des inondations et des sécheresses peut accroître la conscience du risque (Botzen et al., 2009) et influencer la manière d'élaborer les stratégies d'adaptation (Merz et al., 2021; Van Loon et al., 2016). Les ménages ruraux et urbains des districts de Toliara I et II considèrent que les inondations vécues dans leur zone sont dues principalement aux cyclones et aux fortes pluies qui accompagnent ces derniers. Dans le Sud-ouest de Madagascar, les événements d'inondation sont souvent associés aux cyclones et enregistrés selon le nom de ces derniers (Côté-Laurin et al., 2017; Gay-des-Combes et al., 2017; Llopis, 2018). Dans la mémoire collective, les inondations de faible intensité et non associées aux cyclones tropicaux sont souvent négligées. Cependant, certains ménages sont impactés par ces inondations surtout dans les zones basses de la commune urbaine de Toliara (CPGU, 2012; Raniriketra et al., 2022). De même en milieu urbain, les ménages considèrent que l'absence et/ou le mauvais état du réseau de drainage est la cause des inondations. Au niveau de l'espace urbain, même une pluie de faible intensité induit souvent la stagnation de l'eau dans les rues et dans les parcelles à cause de la topographie moins favorable à l'écoulement de l'eau. La déforestation est également considérée comme une cause des inondations mais aussi des sécheresses par les ménages. Ces derniers estiment que la déforestation influence à la fois l'occurrence des inondations et des épisodes de sécheresse. Vers le nord-ouest de Madagascar, Dave et al. (2017) avaient déjà trouvé un cas similaire pour les ménages d'agriculteurs. Les ménages de cette région percevaient que la forêt influence les processus hydrologiques. Par ailleurs, une partie des ménages considère que l'occurrence des inondations et des épisodes de sécheresse dans leurs zones est aussi liée aux malédictions divines infligées par leurs ancêtres. Cette perception est beaucoup plus forte en milieu rural. Toutefois, Taïbi et al. (2017) avait déjà signalé ce genre de croyance pour le risque d'inondation en milieu urbain de Toliara. Pour le cas particulier de la sécheresse, les ménages pensent que les activités humaines et le changement climatique sont à la base de l'occurrence de ce phénomène dans leur zone.

Les ménages et les autorités locales attendent globalement une augmentation des épisodes de sécheresse dans le futur en milieu rural tandis qu'en milieu urbain ils perçoivent une tendance à la hausse des inondations. Les caractéristiques inhérentes à chaque milieu ainsi que la fréquence d'occurrences de ces deux phénomènes dans le passé, influenceraient cette perception. Certes, les études de l'occurrence (passée et future) de ces événements n'ont pas été réalisées dans notre zone d'étude, mais dans la région de la côte du Golfe des États-Unis, Shao et Kam (2020) ont trouvé que les évaluations prospectives des sécheresses et des inondations futures sont influencées par les conditions objectives historiques qui passent par une évaluation rétrospective. En effet, il est important de rester conscient des événements futurs potentiellement plus intenses que les précédents afin d'éviter et de réduire des dommages plus importants (Kreibich et al., 2022).

Indépendamment du milieu d'habitation (urbain ou rural), la coexistence I-S amplifie les impacts ressentis par les ménages dans la zone semi-aride du sud-ouest de Madagascar. Les ménages et les autorités locales estiment que ces impacts augmentent parce qu'ils sont déjà pauvres et que cette coexistence vient interagir avec d'autres risques comme l'insécurité (surtout dans le milieu urbain), l'insécurité alimentaire ou l'invasion de criquets dans le champ des agriculteurs. Matanó et al. (2022) ont trouvé des résultats similaires dans les zones semi-arides du Kenya et d'Éthiopie. Leurs résultats indiquent aussi que les épisodes de sécheresse et les inondations ont exacerbé les impacts en combinaisons avec le contexte de vulnérabilité de ces zones. Dans une communauté rurale au Sri Lanka, De Silva et Kawasaki (2018) ont également trouvé que les ménages à faibles revenus subissaient des pertes plus importantes en cas d'inondation et de sécheresse comparativement aux ménages à revenus élevés. En outre, le développement des criquets migrateurs peut être favorisé par la sécheresse associée à des températures élevées et à la déforestation (Gay-des-Combes et al., 2017; Zhang et al., 2009). Ces résultats montrent que les impacts subis dans les zones exposées à la fois aux inondations et aux sécheresses augmentent la vulnérabilité de ménages (déjà pauvres) à d'autres risques.

Par ailleurs, l'influence de la coexistence I-S sur l'adaptation aux risques d'inondation et de sécheresse dans les ménages est différemment perçue dans le milieu urbain et rural. Pendant qu'en milieu urbain les ménages éprouvent des difficultés pour mettre en place des stratégies d'adaptation à cause de la coexistence I-S, en milieu rural le cas est différent. La majorité des ménages en milieu rural n'estime pas que la coexistence I-S rend difficile leur adaptation à ces deux risques. Certains ménages (surtout les agriculteurs) et les autorités locales interrogées considèrent les inondations qui précèdent les périodes sèches comme une opportunité. Ceux-ci estiment avoir l'eau pendant un temps dans leurs champs et pour d'autres usages domestiques. Les eaux de crue rechargent les aquifères alluviaux le long de cours d'eau et prolongent la disponibilité de l'eau pendant les périodes sèches (Benito et al., 2010; IPCC, 2012). Bien que les inondations puissent causer d'importants dégâts pour les maisons d'habitations, les routes, la santé, la vie, les cultures, etc., les ménages voient ce phénomène comme un moyen de s'adapter à l'autre extrême. Les ménages qui perçoivent un défi supplémentaire à l'adaptation dû à la coexistence I-S considèrent qu'ils n'ont pas des moyens suffisants pour faire face à ces deux risques à la fois. La coexistence I-S n'est pas seulement un défi mais elle peut être vue comme une opportunité dans certains contextes. L'intensité, la

fréquence, et la succession des inondations et des sécheresses seraient des facteurs clés pour déterminer cette vision des événements.

## **5.2. Perception du risque entre sécheresse et inondation**

Les ménages ont globalement une perception du risque élevée pour l'inondation comparativement à la sécheresse. L'écart augmente lorsqu'on se trouve dans le milieu urbain (**figure 7**). Les types de risques (Ho et al., 2008; Sullivan-Wiley et Short Gianotti, 2017), l'expérience du risque (Bronfman et al., 2020; Papagiannaki et al., 2019) et le contexte sociodémographique (Mallick et al., 2022), économique et politique influencent la perception du risque des ménages exposés à plusieurs aléas ( Siegrist et Árvai, 2020; Wachinger et al., 2010). Selon Wachinger et al. (2013), l'effet retard ou la latence entre la cause et les dommages réels d'un phénomène rend difficile la perception de certains risques naturels comme la sécheresse. Cela peut expliquer l'écart observé entre la perception du risque d'inondation et de sécheresse. En plus, les gens ont tendance à surestimer les risques de faible probabilité et de grande ampleur par rapport aux risques de forte probabilité et aux conséquences faibles (Wachinger et al., 2010). En effet, les inondations urbaines sont beaucoup plus perçues et considérées que les sécheresses urbaines selon Dąbrowska et al. (2023) et Ruwanza et al. (2022). La zone urbaine de Toliara est exposée à plusieurs types d'inondations (inondation pluviale, inondation fluviale et submersion marine) qui génèrent des impacts considérables (CPGU, 2012; Rakotoarisoa et al., 2016; Taïbi et al., 2017). Cependant, pour la sécheresse, les ménages ont globalement accès (via la JIRAMA) à l'eau dans ce milieu urbain comparativement à ceux du milieu rural. Ces ménages sont tout de même vulnérables par rapport à la disponibilité et à l'accessibilité aux ressources eau. Depuis longtemps, la sécheresse urbaine été moins perçue dans plusieurs régions du monde alors que cette sécheresse cause d'importants dommages socio-économiques (Singh et al., 2021). Par ailleurs, le rapprochement du niveau de perception de risque de ménages ruraux (agriculteurs en majorité) entre la sécheresse et l'inondation peut s'expliquer par le fait que l'agriculture (essentiellement pluviale dans la zone d'étude) est une activité très vulnérable aux sécheresses (Keshavarz et al., 2017). Néanmoins, cette activité (agriculture) n'est qu'un secteur vulnérable à la sécheresse parmi tant d'autres (Iglesias et al., 2004). Toutefois, cette perception du risque de sécheresse en milieu rural reste faible comparativement à celle du risque d'inondation.

Même si les types de risque influencent significativement la perception du risque d'une manière générale, la perception du niveau d'impact sur (i) la qualité de vie (bien-être générale) et (ii) les pertes financières peut être la même selon qu'il s'agit de la sécheresse ou de l'inondation, surtout dans le milieu rural. Dans un contexte de vulnérabilité élevée et de dépendance à l'agriculture pluviale et/ou à l'élevage traditionnel, les ménages ruraux considèrent que les inondations et les sécheresses induiront au même niveau des dommages (pertes de récoltes, etc.). L'expérience directe de conséquences (physiques ou matérielles) des catastrophes passées a un effet direct sur la perception du risque (Iglesias et al., 2021; Bronfman et al., 2020). L'effet de l'expérience du risque de sécheresse (Duinen et al. 2015) ou de l'inondation (Liu et al., 2018; Rana et al., 2020; Ullah et al., 2020) sur la perception du risque de l'un ou l'autre a déjà été largement étudié dans la littérature. D'une manière générale, l'expérience du risque a tendance à augmenter la perception du risque bien que dans certains cas le contraire peut être observé (Wachinger et al., 2013). Notre étude apporte une autre contribution à la

compréhension de l'effet de l'expérience de ces deux extrêmes d'un même cycle hydroclimatiques sur la perception du risque. Les résultats démontrent que le fait d'avoir subi les conséquences des inondations et des sécheresses dans le passé a tendance d'augmenter la perception du risque de sécheresse. Pour l'inondation, l'effet n'est pas globalement significatif. Seul l'effet sur la perception de la probabilité d'occurrence des inondations dans le futur et la capacité à faire face à ce risque d'inondation est significatif (**tableau 6**). L'effet peut varier en considérant l'interaction avec d'autres facteurs comme le milieu d'habitation.

### **5.3. Adaptation dans un contexte de coexistence I-S**

Au niveau local, les autorités et les ménages s'adaptent de diverses manières. En milieu urbain les ménages et les autorités sont focalisés sur les inondations. Cependant, en milieu rural les autorités priorisent la sécheresse alors que les ménages essaient de s'adapter à ces deux risques. Cette situation est en accord avec leur perception du risque de sécheresse et d'inondation obtenue dans cette étude. Selon Bartholomeus et al. (2023), il est difficile d'imaginer un système intégré des stratégies d'adaptation à la fois pour les inondations et les sécheresses car ces phénomènes agissent à différentes échelles de temps. Les mesures mises en place par les ménages et les autorités auraient pu être influencées non seulement par l'échelle temporaire mais aussi par le contexte spécifique de chaque milieu et la façon dont ces deux milieux sont impactés par la sécheresse et l'inondation.

Les mesures mises en place varient selon qu'il s'agit de la sécheresse ou de l'inondation comme l'avait déjà signalé Berman et al. (2015) dans leur étude. Certaines mesures peuvent être identiques pour les deux risques et sont susceptibles d'agir simultanément sur les composantes (aléa, vulnérabilité, exposition) de ces deux risques opposés (Ward et al., 2020). Notre étude montre que cette affirmation est également vraie pour les mesures mise en place au niveau local par les ménages. La plupart de ménages pratiquent la collecte des eaux de pluie pour faire face aux périodes des fortes pénuries d'eau. En même temps, ces ménages pratiquent cette collecte d'eau de pluie pour réduire tant soit peu la quantité d'eau qui doit ruisseler et réduire ainsi le risque d'inondation. Tamagnone et al. (2020) ont trouvé (à l'échelle de micro-bassin versant) que les techniques de collecte d'eaux de pluie sont efficaces pour réduire les inondations dans les zones semi-arides d'Afrique subsaharienne. Particulièrement dans les villes comme Toliara doté de très peu d'infrastructures de contrôle d'écoulement de l'eau, ces techniques sont indispensables pour renforcer la résilience aux inondations (Hdeib et Aouad, 2023) et répondre aux besoins en eau dans les ménages (Sepehri et al., 2018). Cependant, l'efficacité de ces techniques de collecte d'eau de pluie est tributaire de nombreux facteurs (Adham et al., 2016; Freni et Liuzzo, 2019; Jamali et al., 2020) et celles-ci nécessitent d'être implémentées à des échelles plus grandes que le ménage pour un contrôle effectif des inondations (Jamali et al., 2020). Les ménages qui pratiquent l'agriculture s'adaptent à ces deux risques en faisant également le choix des cultures et des variétés tolérantes soit à la sécheresse soit à l'inondation. Harvey et al. (2014) avaient trouvé également que le choix de nouvelles cultures ou de nouvelles variétés constitue l'une de principales mesures d'adaptation des agriculteurs du nord et de l'est de Madagascar face aux risques (comme la sécheresse ou l'inondation) induis par les extrêmes climatiques.

Les mesures spécifiques mise en place pour faire face aux inondations (ou aux sécheresses) peuvent être impactées négativement par la sécheresse (ou l'inondation). Franchi et al. (2020) avaient trouvé que la détérioration d'un bassin versant localisé dans une zone semi-aride (sud-ouest du Botswana) pendant la sécheresse a augmenté les effets de l'inondation en aggravant les dommages causés aux structures et aux moyens de subsistance de populations. Dans notre zone d'étude, les agriculteurs construisent des canaux pour apporter l'eau dans leurs champs mais ces canaux sont souvent détruits pendant les grandes inondations. D'autres par contre construisent des petites digues pour éviter les inondations dans leurs champs mais pendant la période sèche l'eau n'arrive pas dans leurs champs. Cette situation démontre que la coexistence des inondations et des épisodes de sécheresse agit sur l'efficacité de mesures mises en place face à l'un ou l'autre extrême. Le cas des autorités locales qui avaient fait des rites ancestraux pour demander le déplacement du lit du fleuve (Fiherenna) hors de leur zone d'habitation illustre aussi ce phénomène. Ces autorités construisent actuellement des canaux pour ramener l'eau dans leurs villages. Le déplacement observé peut s'expliquer par le phénomène naturel de déplacement de lit de certains des grands fleuves de Madagascar causé par des grandes variations de débits de crue (Brooke et al., 2020).

Des formes de maladaptation sont aussi visibles dans le mode d'adaptation de ménages du district de Tuléar. Ces ménages changent de lieu de résidence (de façon permanente ou temporaire) pour s'adapter à la sécheresse ou à l'inondation. D'autres changent d'activités économiques pour aller vers les activités moins vulnérables à la sécheresse. Des stratégies similaires d'adaptation face aux sécheresses et aux inondations avait été retrouvé au Kenya et en République Centre Afrique (Nguimalet, 2018). Les agriculteurs et les éleveurs principalement s'orientent vers l'extraction de pierres et d'autres vers la production du charbon de bois pour approvisionner la commune urbaine de Toliara (Gardner et al., 2016; Randriamalala et al., 2021). En effet, la diversification des activités économiques dans les ménages est reconnue comme étant une stratégie d'adaptation efficace aux risques liés aux extrêmes hydroclimatiques qui augmenteront dans le contexte de changement climatique actuel (Harvey et al., 2014; Krysanova et al., 2008). Cependant, certaines nouvelles activités de ménages sont susceptibles d'amplifier indirectement le risque de sécheresse et/ou de l'inondation dans la zone. C'est le cas de la production de charbons de bois. Cette activité contribue à la dégradation des écosystèmes (Randriamalala et al., 2016) qui à son tour peut conduire à la détérioration des conditions biophysiques et climatiques dans la zone (Bigot et al., 2021). Depuis longtemps, les activités humaines impactent le fonctionnement des écosystèmes à Madagascar et dans le Sud-ouest particulièrement (Razanatsoa, 2019; Vieilledent et al., 2018). Dans cette même logique, Desbureaux et Damania, (2018) ont démontré que la sécheresse induit la déforestation à Madagascar. Ils ont constaté qu'entre 2000 et 2013, le défrichement de nouvelles forêts était pratiqué par les agriculteurs comme une stratégie pour faire face aux impacts négatifs des sécheresses. De même, l'adaptation aux inondations peut induire la déforestation. La délocalisation des certains villages hors des zones inondables avaient conduit à une déforestation dans cette zone selon certaines autorités locales que nous avons interrogées. Actuellement, les autorités locales mettent en place des stratégies pour encourager les ménages à protéger leur environnement en évitant la déforestation et les feux de brousse qui augmentent la vulnérabilité de la zone aux sécheresses et/ou aux

inondations. Ces résultats montrent que certaines actions mises en place au niveau des ménages peuvent impacter la vulnérabilité à ces deux risques (inondation et sécheresse) à des échelles plus grandes.

Les ménages sont disposés pour la plupart à s'adapter aux inondations futures qu'aux sécheresses. Les facteurs qui expliquent la volonté de mettre en place de mesures d'adaptation sont multiples. Cette étude a testé l'effet des caractéristiques sociodémographiques, de l'expérience du risque et de la perception du risque sur la volonté de s'adapter aux futurs événements d'inondations et de sécheresses à travers un modèle de régression logistique binaire. Les résultats montrent que les caractéristiques sociodémographiques qui influencent significativement cette volonté diffèrent selon qu'il s'agit de la sécheresse ou de l'inondation. En plus, le fait d'avoir subi les impacts de ces deux phénomènes (inondation et sécheresse) augmente la probabilité pour un ménage d'être disposé à entreprendre des actions d'adaptation face à la sécheresse ou à l'inondation. L'effet est encore plus grand pour la sécheresse. Gebrehiwot et van der Veen (2021) ont trouvé également que les agriculteurs qui expérimentent de sécheresses récurrentes sont plus disposés à mettre en œuvre des mesures d'adaptation contre le risque de sécheresse.

La perception du risque influence significativement la volonté d'un ménage à entreprendre des actions d'adaptation. Cependant, cet effet varie selon qu'il s'agit de la sécheresse ou de l'inondation. Plus un ménage perçoit un risque élevé d'inondation, plus il est disposé à mettre en place des mesures d'adaptation. Pour la sécheresse, cette tendance est contraire. Ce résultat peut s'expliquer par le paradoxe dans la perception du risque présenté par Wachinger et al. (2013). Ces auteurs indiquent qu'une perception élevée du risque ne conduit pas nécessairement à la préparation ou à un comportement d'atténuation du risque. En plus, les ménages auraient acquis une certaine maîtrise face au risque de sécheresse à cause la récurrence des périodes sèches inférieures à la normale dans le Grand-sud de Madagascar en général et Sud-ouest en particulier (Harrington et al., 2021). De même, Iglesias et al. (2021) ont trouvé que les personnes interrogées dans les zones les plus vulnérables (en Espagne) à la sécheresse ont une perception du risque plus élevée qui ne conduisait pas nécessairement à un comportement d'adaptation.

## 6. Conclusion

Cette étude évalue la perception du risque et les stratégies d'adaptation de ménages ruraux et urbains dans un contexte de coexistence I-S dans le Sud-ouest de Madagascar. Les résultats révèlent que le système humain réagit de diverses manières face à coexistence I-S. Les ménages considèrent que les phénomènes d'inondation et de sécheresse sont causés par des processus naturels, anthropiques ou même surnaturels. Au niveau local, les communautés ressentent plus d'impacts à cause de la coexistence I-S, comparativement à la situation avec un seul risque (inondation ou sécheresse). La coexistence I-S n'est pas seulement un défi à l'adaptation mais elle peut être vue comme une opportunité d'adaptation, surtout dans un contexte dépendance à l'agriculture pluviale pratiquée dans les zones semi-arides ou arides.

Les ménages perçoivent un risque élevé face aux inondations, comparativement aux sécheresses. Dans la zone urbaine, les ménages sont plus conscients du risque d'inondation alors que dans le milieu rural, le niveau de perception du risque de sécheresse tend à se rapprocher de celui du risque d'inondation. Les ménages caractérisés par des activités dépendantes du climat, considèrent que les inondations et les sécheresses qui se produiront dans leur zone induiront le même niveau d'impacts. De même, le fait d'avoir subi des conséquences d'inondations et de sécheresses dans le passé augmente la perception du risque de sécheresse. La mise en place des stratégies d'adaptation a suivi la même tendance que la perception du risque de ménages selon le milieu d'habitation. La plupart des ménages urbains mettent en place des mesures d'adaptation pour l'inondation alors que les ménages ruraux s'adaptent en majorité aux deux risques (inondation et sécheresse). Les mesures mises en place face à l'un ou l'autre risque (sécheresse ou inondation) interagissent avec les composantes du risque opposé à l'échelle du ménage mais aussi à des échelles plus globales comme la région. En plus, les mesures prises dans les ménages et au niveau de la commune face à un extrême peuvent être impactées par l'extrême opposé. Cette situation peut conduire à des formes de maladaptation, surtout dans un contexte de pauvreté et de fragilité environnementale. Dans le futur, les ménages sont plus disposés à s'adapter aux inondations qu'aux sécheresses. L'expérience passée des conséquences de ces deux phénomènes ainsi que la perception du risque sont des facteurs importants pour expliquer cette attitude. Une perception élevée du risque ne conduit pas nécessairement un ménage à être prêt à mettre en place des mesures d'adaptation.

Les résultats de cette étude montrent l'importance de développer des stratégies de réduction des risques d'inondation et de sécheresse basées sur les réalités et les savoirs locaux. Les autorités chargées de gestion des risques et des catastrophes devraient prendre en compte les interactions possibles entre la sécheresse et l'inondation à tous les niveaux. Cela contribuerait au développement d'un cadre intégré de réduction de ces deux risques. Les futures recherches devraient se focaliser sur l'efficacité de mesures mise en place faces aux inondations et aux sécheresses. En plus il faudra également développer un cadre intégré d'évaluation des impacts de ces deux risques au sein de chaque couche de la société.

## 7. Références bibliographiques

- Accastello, C., Cocuccioni, S., Teich, M., 2022. The Concept of Risk and Natural Hazards, in: Protective Forests as Ecosystem-Based Solution for Disaster Risk Reduction (Eco-DRR). IntechOpen, p. 16. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99503>
- Adham, A., Riksen, M., Ouessar, M., Ritsema, C.J., 2016. A methodology to assess and evaluate rainwater harvesting techniques in (semi-) arid regions. *Water (Switzerland)* 8, 1–23. <https://doi.org/10.3390/w8050198>
- AghaKouchak, A., Chiang, F., Huning, L.S., Love, C.A., Mallakpour, I., Mazdiyasn, O., Moftakhari, H., Papalexio, S.M., Ragno, E., Sadegh, M., 2020. Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 48, 519–548. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>
- Alho, C., Silva, J., 2012. Effects of Severe Floods and Droughts on Wildlife of the Pantanal Wetland (Brazil)—A Review. *Animals* 2, 591–610. <https://doi.org/10.3390/ani2040591>
- Aronson, J.C., Phillipson, P.B., Le Floch, E., Raminosoa, T., 2018. Dryland tree data for the Southwest region of Madagascar: alpha-level data can support policy decisions for conserving and restoring ecosystems of arid and semiarid regions. *Madagascar Conserv. Dev.* 13, 60. <https://doi.org/10.4314/mcd.v13i1.7>
- Asare-Kyei, D., Renaud, F.G., Kloos, J., Walz, Y., Rhyner, J., 2017. Development and validation of risk profiles of West African rural communities facing multiple natural hazards. *PLoS One* 12, e0171921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171921>
- Asmara, L.Y., Sagala, S., Azhari, D., Rianawati, E., 2022. Public risk perception and public acceptance of the existing flood and drought mitigation measure in Bandung city. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 986, 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012044>
- Aven, T., Ben-Haim, Y., Boje Andersen, H., Cox, T., Droguett, E.L., Greenberg, M., Guikema, S., Kröger, W., Renn, O., Thompson, K.M., 2018. Society for risk analysis glossary, in: Society for Risk Analysis. p. 9.
- Bartholomeus, R.P., van der Wiel, K., van Loon, A.F., van Huijgevoort, M.H.J., van Vliet, M.T.H., Mens, M., Muurling-van Geffen, S., Wanders, N., Pot, W., 2023. Managing water across the flood-drought spectrum – experiences from and challenges for the Netherlands. *Cambridge Prism. Water* 1–22. <https://doi.org/10.1017/wat.2023.4>
- Benito, G., Rohde, R., Seely, M., Külls, C., Dahan, O., Enzel, Y., Todd, S., Botero, B., Morin, E., Grodek, T., Roberts, C., 2010. Management of Alluvial Aquifers in Two Southern African Ephemeral Rivers: Implications for IWRM. *Water Resour. Manag.* 24, 641–667. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9463-9>
- Berman, R.J., Quinn, C.H., Paavola, J., 2015. Identifying drivers of household coping strategies to multiple climatic hazards in Western Uganda: implications for adapting to future climate change. *Clim. Dev.* 7, 71–84. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.902355>

- Bessah, E., Raji, A.O., Taiwo, O.J., Agodzo, S.K., Ololade, O.O., Strapasson, A., 2020. Hydrological responses to climate and land use changes: The paradox of regional and local climate effect in the Pra River Basin of Ghana. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 27, 100654. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100654>
- Bigot, S., Dumas, D., Brou, T.Y., Ramboarison, R., Razanaka, S., Philippon, N., 2021. Studying recent hydroclimatic variability in Madagascar despite deficient measurement networks: Use of CHIRPS and GRACE data at the scale of the Mahajunga province. *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.* 384, 43–48. <https://doi.org/10.5194/piahs-384-43-2021>
- Bin Rahman, A.N.M.R., Zhang, J., 2016. Flood and drought tolerance in rice: Opposite but may coexist. *Food Energy Secur.* 5, 76–88. <https://doi.org/10.1002/fes3.79>
- Botzen, W.J.W., Aerts, J.C.J.H., van den Bergh, J.C.J.M., 2009. Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resour. Res.* 45, 1–15. <https://doi.org/10.1029/2009WR007743>
- Botzen, W.J.W., Deschenes, O., Sanders, M., 2019. The Economic Impacts of Natural Disasters: A Review of Models and Empirical Studies. *Rev. Environ. Econ. Policy* 13, 167–188. <https://doi.org/10.1093/reep/rez004>
- Bronfman, N.C., Cisternas, P.C., Repetto, P.B., Castañeda, J. V., 2019. Natural disaster preparedness in a multi-hazard environment: Characterizing the sociodemographic profile of those better (worse) prepared. *PLoS One* 14, 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214249>
- Bronfman, N.C., Cisternas, P.C., Repetto, P.B., Castañeda, J. V., Guic, E., 2020. Understanding the Relationship Between Direct Experience and Risk Perception of Natural Hazards. *Risk Anal.* 40, 2057–2070. <https://doi.org/10.1111/risa.13526>
- Brooke, S.A.S., Ganti, V., Chadwick, A.J., Lamb, M.P., 2020. Flood Variability Determines the Location of Lobe-Scale Avulsions on Deltas: Madagascar. *Geophys. Res. Lett.* 47. <https://doi.org/10.1029/2020GL088797>
- Brown, P., Daigneault, A.J., Tjernström, E., Zou, W., 2018. Natural disasters, social protection, and risk perceptions. *World Dev.* 104, 310–325. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.12.002>
- Côté-Laurin, M.-C., Benbow, S., Erzini, K., 2017. The short-term impacts of a cyclone on seagrass communities in Southwest Madagascar. *Cont. Shelf Res.* 138, 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.03.005>
- CPGU, 2012. Atlas de la vulnérabilité sectorielle de la région Atsimo Adrefana.
- Dąbrowska, J., Menéndez Orellana, A.E., Kilian, W., Moryl, A., Cielecka, N., Michałowska, K., Policht-Latawiec, A., Michalski, A., Bednarek, A., Włóka, A., 2023. Between flood and drought: How cities are facing water surplus and scarcity. *J. Environ. Manage.* 345. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118557>
- Dadson, S.J., Lopez, H.P., Peng, J., Vora, S., 2019. Hydroclimatic Extremes and Climate

- Change, in: *Water Science, Policy, and Management*. Wiley, pp. 11–28. <https://doi.org/10.1002/9781119520627.ch2>
- Dave, R., Tompkins, E.L., Schreckenber, K., 2017. Forest ecosystem services derived by smallholder farmers in northwestern Madagascar: Storm hazard mitigation and participation in forest management. *For. Policy Econ.* 84, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.09.002>
- De Longueville, F., Hountondji, Y.C., Assogba, L., Henry, S., Ozer, P., 2020a. Perceptions of and responses to coastal erosion risks: The case of Cotonou in Benin. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 51, 101882. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101882>
- De Longueville, F., Ozer, P., Gemenne, F., Henry, S., Mertz, O., Nielsen, J., 2020b. Comparing climate change perceptions and meteorological data in rural West Africa to improve the understanding of household decisions to migrate. *Clim. Change* 160, 123–141. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02704-7>
- De Silva, M.M.G.T., Kawasaki, A., 2018. Socioeconomic Vulnerability to Disaster Risk: A Case Study of Flood and Drought Impact in a Rural Sri Lankan Community. *Ecol. Econ.* 152, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.010>
- Desbureaux, S., Damania, R., 2018. Rain, forests and farmers: Evidence of drought induced deforestation in Madagascar and its consequences for biodiversity conservation. *Biol. Conserv.* 221, 357–364. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.005>
- Di Baldassarre, G., Martinez, F., Kalantari, Z., Viglione, A., 2017. Drought and flood in the Anthropocene: feedback mechanisms in reservoir operation. *Earth Syst. Dyn.* 8, 225–233. <https://doi.org/10.5194/esd-8-225-2017>
- Dilling, L., Daly, M.E., Travis, W.R., Wilhelmi, O. V., Klein, R.A., 2015. The dynamics of vulnerability: why adapting to climate variability will not always prepare us for climate change. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 6, 413–425. <https://doi.org/10.1002/wcc.341>
- Drakes, O., Tate, E., 2022. Social vulnerability in a multi-hazard context: A systematic review. *Environ. Res. Lett.* 17. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5140>
- Duinen, R. van, Filatova, T., Geurts, P., Veen, A. van der, 2015. Empirical Analysis of Farmers' Drought Risk Perception: Objective Factors, Personal Circumstances, and Social Influence. *Risk Anal.* 35, 741–755. <https://doi.org/10.1111/risa.12299>
- Fasihi, S., Lim, W.Z., Wu, W., Proverbs, D., 2021. Systematic review of flood and drought literature based on science mapping and content analysis. *Water (Switzerland)* 13. <https://doi.org/10.3390/w13192788>
- Franchi, F., Ahad, J.M.E., Geris, J., Jhowa, G., Petros, A.K., Comte, J.-C., 2020. Modern sediment records of hydroclimatic extremes and associated potential contaminant mobilization in semi-arid environments: lessons learnt from recent flood-drought cycles in southern Botswana. *J. Soils Sediments* 20, 1632–1650. <https://doi.org/10.1007/s11368->

019-02454-9

- Freni, G., Liuzzo, L., 2019. Effectiveness of rainwater harvesting systems for flood reduction in residential urban areas. *Water (Switzerland)* 11. <https://doi.org/10.3390/w11071389>
- Gardner, C.J., Gabriel, F.U.L., St. John, F.A. V., Davies, Z.G., 2016. Changing livelihoods and protected area management: a case study of charcoal production in south-west Madagascar. *Oryx* 50, 495–505. <https://doi.org/10.1017/S0030605315000071>
- Gay-des-Combes, J.M., Robroek, B.J.M., Hervé, D., Guillaume, T., Pistocchi, C., Mills, R.T.E., Buttler, A., 2017. Slash-and-burn agriculture and tropical cyclone activity in Madagascar: Implication for soil fertility dynamics and corn performance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 239, 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.010>
- Gebrehiwot, T., van der Veen, A., 2021. Farmers' drought experience, risk perceptions, and behavioural intentions for adaptation: evidence from Ethiopia. *Clim. Dev.* 13, 493–502. <https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1806776>
- Gemenne, F., Rankovic, A., 2021. *Atlas de l'anthropocène*, Presses de. ed. Paris.
- Gill, J.C., Duncan, M., Ciurean, R., Smale, L., Stuparu, D., Schlumberger, J., de Ruiter, M., Tiggeloven, T., Torresan, S., Gottardo, S., Mysiak, J., Harris, R., Petrescu, E.-C., Girard, T., Khazai, B., Claassen, J., Dai, R., Champion, A., Daloz, A.S., Blanco Cipollone, F., Campillo Torres, C., Palomino Antolin, I., Ferrario, D., Tatman, S., Tijessen, A., Vaidya, S., Adesiyun, A., Goger, T., Angiuli, A., Audren, M., Machado, M., Hochrainer-Stigler, S., Šakić Trogrlić, R., Daniell, J., Bulder, B., Krishna Swamy, S., Wiggelinkhuizen, E.-J., Díaz Pacheco, J., López Díez, A., Mendoza Jiménez, J., Padrón-Fumero, N., Appulo, L., Orth, R., Sillmann, J., Ward, P., 2022. D1.2 Handbook of multi-hazard, multi-risk definitions and concepts. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7135138>
- Giupponi, C., Mojtahed, V., Gain, A.K., Biscaro, C., Balbi, S., 2015. Integrated Risk Assessment of Water-Related Disasters, Hydro-Meteorological Hazards, Risks, and Disasters. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394846-5.00006-0>
- Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., Torrìsi, G., 2019. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Soc. Indic. Res.* 141, 61–94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
- Hänke, H., Barkmann, J., 2017. Insurance Function of Livestock: Farmer's Coping Capacity with Regional Droughts in South-Western Madagascar. *World Dev.* 96, 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.03.011>
- Harrington, L.J., Wolski, P., Pinto, I., Ramarosandratana, A.M., Barimalala, R., Vautard, R., Philip, S., Kew, S., Singh, R., Heinrich, D., Arrighi, J., Raju, E., Thalheimer, L., Razanakoto, T., Aalst, M. van, Li, S., Bonnet, R., Yang, W., Otto, F.E.L., Oldenborgh6, G.J. van, 1New, 2021. Attribution of severe low rainfall in southern Madagascar, 2019–21, world weather attribution report.
- Harvey, C.A., Rakotobe, Z.L., Rao, N.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. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 369, 20130089. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0089>
- Hdeib, R., Aouad, M., 2023. Rainwater harvesting systems: An urban flood risk mitigation measure in arid areas. *Water Sci. Eng.* 0–6. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.04.004>
- Hino, M., Nance, E., 2021. Five ways to ensure flood-risk research helps the most vulnerable. *Nature* 595, 27–29. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01750-0>
- Hirabayashi, Y., Kanae, S., Emori, S., Oki, T., Kimoto, M., 2008. Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. *Hydrol. Sci. J.* 53, 754–772. <https://doi.org/10.1623/hysj.53.4.754>
- Ho, M.C., Shaw, D., Lin, S., Chiu, Y.C., 2008. How do disaster characteristics influence risk perception? *Risk Anal.* 28, 635–643. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01040.x>
- Hoa, N.T., Vinh, N.Q., 2018. The notions of resilience in spatial planning for drought - flood coexistence (DFC) at regional scale. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 143, 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012066>
- Huang, S., Krysanova, V., Hattermann, F., 2015. Projections of climate change impacts on floods and droughts in Germany using an ensemble of climate change scenarios. *Reg. Environ. Chang.* 15, 461–473. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0606-z>
- Iglesias, A., Garrote, L., Bardají, I., Santillán, D., Esteve, P., 2021. Looking into individual choices and local realities to define adaptation options to drought and climate change. *J. Environ. Manage.* 293, 112861. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112861>
- Iglesias, A., Moneo, M., Quiroga, S., 2004. Methods for Evaluating Social Vulnerability to Drought, in: *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 153–159. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9045-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9045-5_11)
- INSTAT, 2020. Résultats globaux du recensement général de la population et de l’habitation de 2018 de Madagascar (RPGH-3). Tableau statistique.
- IPCC, 2022. *Climate Change 2022\_ Impacts, Adaptation and Vulnerability\_ Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* <https://doi.org/10.1017/9781009325844.Front>
- IPCC, 2018. 5th Assessment Report Working Group II – Annex II Glossaire.
- IPCC, 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Cambridge University Press, Cambridge, UK & New York, NY, USA.

- Jamali, B., Bach, P.M., Deletic, A., 2020. Rainwater harvesting for urban flood management – An integrated modelling framework. *Water Res.* 171, 115372. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115372>
- Kappes, M.S., Keiler, M., von Elverfeldt, K., Glade, T., 2012. Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review. *Nat. Hazards* 64, 1925–1958. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0294-2>
- Keshavarz, M., Maleksaeidi, H., Karami, E., 2017. Livelihood vulnerability to drought: A case of rural Iran. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 21, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.12.012>
- Keys, P.W., Galaz, V., Dyer, M., Matthews, N., Folke, C., Nyström, M., Cornell, S.E., 2019. Anthropocene risk. *Nat. Sustain.* <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0327-x>
- Kiani, U.B.N., Najam, F.A., Rana, I.A., 2022. The impact of risk perception on earthquake preparedness: An empirical study from Rawalakot, Pakistan. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 76, 102989. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102989>
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., Thomalla, F., 2003. Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Environ. Hazards* 5, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001>
- Kreibich, H., Di Baldassarre, G., Vorogushyn, S., Aerts, J.C.J.H., Apel, H., Aronica, G.T., Arnbjerg-Nielsen, K., Bouwer, L.M., Bubeck, P., Caloiero, T., Chinh, D.T., Cortès, M., Gain, A.K., Giampá, V., Kuhlicke, C., Kundzewicz, Z.W., Llasat, M.C., Mård, J., Matczak, P., Mazzoleni, M., Molinari, D., Dung, N. V., Petrucci, O., Schröter, K., Slager, K., Thielen, A.H., Ward, P.J., Merz, B., 2017. Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies. *Earth's Futur.* 5, 953–965. <https://doi.org/10.1002/2017EF000606>
- Kreibich, H., Van Loon, A.F., Schröter, K., Ward, P.J., Mazzoleni, M., Sairam, N., Abeshu, G.W., Agafonova, S., AghaKouchak, A., Aksoy, H., Alvarez-Garreton, C., Aznar, B., Balkhi, L., Barendrecht, M.H., Biancamaria, S., Bos-Burgering, L., Bradley, C., Budiyo, Y., Buytaert, W., Capewell, L., Carlson, H., Cavus, Y., Couasnon, A., Coxon, G., Daliakopoulos, I., de Ruyter, M.C., Delus, C., Erfurt, M., Esposito, G., François, D., Frappart, F., Freer, J., Frolova, N., Gain, A.K., Grillakis, M., Grima, J.O., Guzmán, D.A., Huning, L.S., Ionita, M., Kharlamov, M., Khoi, D.N., Kieboom, N., Kireeva, M., Koutroulis, A., Lavado-Casimiro, W., Li, H.-Y., Llasat, M.C., Macdonald, D., Mård, J., Mathew-Richards, H., McKenzie, A., Mejia, A., Mendiondo, E.M., Mens, M., Mobini, S., Mohor, G.S., Nagavciuc, V., Ngo-Duc, T., Thao Nguyen Huynh, T., Nhi, P.T.T., Petrucci, O., Nguyen, H.Q., Quintana-Seguí, P., Razavi, S., Ridolfi, E., Riegel, J., Sadik, M.S., Savelli, E., Sazonov, A., Sharma, S., Sørensen, J., Arguello Souza, F.A., Stahl, K., Steinhausen, M., Stoelzle, M., Szalińska, W., Tang, Q., Tian, F., Tokarczyk, T., Tovar, C., Tran, T.V.T., Van Huijgevoort, M.H.J., van Vliet, M.T.H., Vorogushyn, S., Wagener, T., Wang, Y., Wendt, D.E., Wickham, E., Yang, L., Zambrano-Bigiarini, M., Blöschl, G., Di Baldassarre, G., 2022. The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management. *Nature* 608, 80–86. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04917-5>

- Krysanova, V., Buiteveld, H., Haase, D., Hattermann, F.F., van Niekerk, K., Roest, K., Martínez-Santos, P., Schlüter, M., 2008. Practices and Lessons Learned in Coping with Climatic Hazards at the River-Basin Scale: Floods and Droughts. *Ecol. Soc.* 13, art32. <https://doi.org/10.5751/ES-02345-130232>
- Latchininsky, A. V., 2013. Locusts and remote sensing: a review. *J. Appl. Remote Sens.* 7, 075099. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.7.075099>
- Lechowska, E., 2018. What determines flood risk perception? A review of factors of flood risk perception and relations between its basic elements. *Nat. Hazards* 94, 1341–1366. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3480-z>
- Lei, Y., Wang, J., Yue, Y., Zhou, H., Yin, W., 2014. Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective. *Nat. Hazards* 70, 609–627. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0831-7>
- Lemahieu, A., Scott, L., Malherbe, W.S., Mahatante, P.T., Randrianarimanana, J.V., Aswani, S., 2018. Local perceptions of environmental changes in fishing communities of southwest Madagascar. *Ocean Coast. Manag.* 163, 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.06.012>
- Lindén, D., Cinelli, M., Spada, M., Becker, W., Gasser, P., Burgherr, P., 2021. A framework based on statistical analysis and stakeholders' preferences to inform weighting in composite indicators. *Environ. Model. Softw.* 145. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105208>
- Liu, D., Li, Y., Shen, X., Xie, Y., Zhang, Y., 2018. Flood risk perception of rural households in western mountainous regions of Henan Province, China. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 27, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.051>
- Llopis, J.C., 2018. Down by the Riverside: Cyclone-Driven Floods and the Expansion of Swidden Agriculture in South-western Madagascar, in: *The Environmental Crunch in Africa*. Springer International Publishing, Cham, pp. 241–268. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77131-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77131-1_9)
- López-Saavedra, M., Martí, J., 2023. Reviewing the multi-hazard concept. Application to volcanic islands. *Earth-Science Rev.* 236, 104286. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104286>
- MacFarland, T.W., Yates, J.M., 2016. Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R, Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6>
- Mallick, J., Salam, R., Amin, R., Islam, A.R.M.T., Islam, A., Siddik, M.N.A., Alam, G.M.M., 2022. Assessing factors affecting drought, earthquake, and flood risk perception: empirical evidence from Bangladesh. *Nat. Hazards* 112, 1633–1656. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05242-w>
- Markantonis, V., Farinosi, F., Dondeynaz, C., Ameztoy, I., Pastori, M., Marletta, L., Ali, A.,

- Carmona Moreno, C., 2018. Assessing floods and droughts in the Mékrou River basin (West Africa): A combined household survey and climatic trends analysis approach. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 18, 1279–1296. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-1279-2018>
- Masood, M., Takeuchi, K., 2015. Climate change impact on the manageability of floods and droughts of the Ganges-Brahmaputra-Meghna basins using flood duration curves and drought duration curves. *J. Disaster Res.* 10, 991–1000. <https://doi.org/10.20965/jdr.2015.p0991>
- Matanó, A., de Ruiter, M.C., Koehler, J., Ward, P.J., Van Loon, A.F., 2022. Caught Between Extremes: Understanding Human-Water Interactions During Drought-To-Flood Events in the Horn of Africa. *Earth's Futur.* 10, 1–20. <https://doi.org/10.1029/2022EF002747>
- Merz, B., Blöschl, G., Vorogushyn, S., Dottori, F., Aerts, J.C.J.H., Bates, P., Bertola, M., Kemter, M., Kreibich, H., Lall, U., Macdonald, E., 2021. Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2, 592–609. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00195-3>
- Millot, G., 2018. Comprendre et réaliser les tests statistiques à l'aide de R: manuel de biostatistique, De Boeck. ed. De Boeck Supérieur.
- Monte, B.E.O., Goldenfum, J.A., Michel, G.P., Cavalcanti, J.R. de A., 2021. Terminology of natural hazards and disasters: A review and the case of Brazil. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 52, 101970. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101970>
- Murray, V., Abrahams, J., Adballah, C., Ahmed, K., Angeles, L., Benouar, D., Brenes, T.A., Chan Hun, C., Cox, S., Douris, J., 2021. Hazard Information Profiles: Supplement to: UNDRR-ISC Hazard Definition & Classification Review-Technical Report. Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction ..., Paris.
- Ndamani, F., Watanabe, T., 2017. Determinants of farmers' climate risk perceptions in agriculture-a rural ghana perspective. *Water (Switzerland)* 9. <https://doi.org/10.3390/w9030210>
- Nematchoua, M.K., Ricciardi, P., Orosa, J.A., Buratti, C., 2018. A detailed study of climate change and some vulnerabilities in Indian Ocean: A case of Madagascar island. *Sustain. Cities Soc.* 41, 886–898. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.040>
- Nguimalet, C.R., 2018. Comparison of community-based adaptation strategies for droughts and floods in Kenya and the Central African Republic. *Water Int.* 43, 183–204. <https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1393713>
- Paek, H., Hove, T., 2017a. Risk perceptions and risk characteristics risk and risk perception : Definitions and dimensions. *Oxford Res. Encycl. Commun.* 1–15.
- Paek, H., Hove, T., 2017b. Risk Perceptions and Risk Characteristics, in: *Oxford Research Encyclopedia of Communication*. Oxford University Press, pp. 1–15. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228613.013.283>
- Palliyaguru, R., Amaratunga, D., Baldry, D., 2014. Constructing a holistic approach to disaster

- risk reduction: the significance of focusing on vulnerability reduction. *Disasters* 38, 45–61. <https://doi.org/10.1111/disa.12031>
- Papagiannaki, Diakakis, Kotroni, Lagouvardos, Andreadakis, 2019. Hydrogeological and Climatological Risks Perception in a Multi-Hazard Environment: The Case of Greece. *Water* 11, 1770. <https://doi.org/10.3390/w11091770>
- Payet, E., Dumas, P., Pennober, G., 2012. Modélisation de l'érosion hydrique des sols sur un bassin versant du sud-ouest de Madagascar, le Fiherenana. *Vertigo*. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12591>
- Raholijao, N., Arivelo, T.A., Rakotomavo, Z.A.P.H., Voahangin-Rakotoson, D., Srinivasan, G., Shanmugasundaram, J., Dash, I., Qiu, J., 2019. Les tendances climatiques et les futurs changements climatiques à Madagascar -2019.
- Raikes, J., Smith, T.F., Jacobson, C., Baldwin, C., 2019. Pre-disaster planning and preparedness for floods and droughts: A systematic review. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 38, 101207. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101207>
- Rakotoarisoa, M., 2017. Les risques hydrologiques dans les bassins versants sous contrôle anthropique : modélisation de l'aléa, de la vulnérabilité et des conséquences sur les sociétés. : Cas de la région Sud-ouest de Madagascar Mahefa. Université d'Angers.
- Rakotoarisoa, M.M., Fleurant, C., Taibi, N., Razakamanana, T., 2016. Hydrological risks in anthropized watersheds : modeling of hazard , vulnerability and impacts on population from south-west of Madagascar, in: EGU General Assembly Conference Abstracts. p. 2664.
- Rakotoarison, T.R., Hajalalaina, A.R., Raonivelo, A., Raherinirina, A., Zojaona, 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). *J. Geosci. Environ. Prot.* 09, 15–24. <https://doi.org/10.4236/gep.2021.95003>
- Rana, I.A., Jamshed, A., Younas, Z.I., Bhatti, S.S., 2020. Characterizing flood risk perception in urban communities of Pakistan. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 46. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101624>
- Randriamalala, J.R., Radosy, H.O., Razanaka, S., Randriambanona, H., Hervé, D., 2016. Effects of goat grazing and woody charcoal production on xerophytic thickets of southwestern Madagascar. *J. Arid Environ.* 128, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.01.002>
- Randriamalala, J.R., Randrianomanana, M., Ranaivoson, R.E., Rabemananjara, Z.H., Hervé, D., 2021. Estimating wood charcoal supply to Toliara town in southwestern Madagascar, a comparison of methods. *Sci. African* 14, e01011. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01011>
- Raniriketra, C., Zafihita, G., Randrianantenaina, A., Razakamanana, T., 2022. Mode of Habitation Architectural in the City of Toliara , ( Southwest- Madagascar ), Factor of

- Exposure to the Risks of Hydroclimatic Hazards. *Int. J. Adv. Multidiscip. Res. Stud.* 2, 956–962.
- Razanatsimba, A., 2016. Elaboration d'un système d'alerte précoce et suivi de la sécheresse dans le grand sud de Madagascar en utilisant le modèle ARV (African Risk View). Université d'Antananarivo.
- Razanatsoa, E., 2019. Impact of human land-use and rainfall variability in tropical dry forests of southwest Madagascar during the late Holocene. University of Cape Town.
- Rezvani, R., Na, W., Najafi, M.R., 2023. Lagged compound dry and wet spells in Northwest North America under 1.5 °C–4 °C global warming levels. *Atmos. Res.* 290, 106799. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106799>
- Richard Eiser, J., Bostrom, A., Burton, I., Johnston, D.M., McClure, J., Paton, D., van der Pligt, J., White, M.P., 2012. Risk interpretation and action: A conceptual framework for responses to natural hazards. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 1, 5–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2012.05.002>
- Roder, G., Ruljigaljig, T., Lin, C.W., Tarolli, P., 2016. Natural hazards knowledge and risk perception of Wujie indigenous community in Taiwan. *Nat. Hazards* 81, 641–662. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2100-4>
- Ruwanza, S., Thondhlana, G., Falayi, M., 2022. Research Progress and Conceptual Insights on Drought Impacts and Responses among Smallholder Farmers in South Africa: A Review. *Land* 11, 159. <https://doi.org/10.3390/land11020159>
- SCHIPPER, E.L.F., 2009. Meeting at the crossroads?: Exploring the linkages between climate change adaptation and disaster risk reduction. *Clim. Dev.* 1, 16–30. <https://doi.org/10.3763/cdev.2009.0004>
- Sepehri, M., Malekinezhad, H., Ilderomi, A.R., Talebi, A., Hosseini, S.Z., 2018. Studying the effect of rain water harvesting from roof surfaces on runoff and household consumption reduction. *Sustain. Cities Soc.* 43, 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.005>
- Serele, C., Pérez-Hoyos, A., Kayitakire, F., 2020. Mapping of groundwater potential zones in the drought-prone areas of south Madagascar using geospatial techniques. *Geosci. Front.* 11, 1403–1413. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.11.012>
- Shao, W., Kam, J., 2020. Retrospective and prospective evaluations of drought and flood. *Sci. Total Environ.* 748, 141155. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141155>
- Shen, G., Hwang, S.N., 2019. Spatial–Temporal snapshots of global natural disaster impacts Revealed from EM-DAT for 1900–2015. *Geomatics, Nat. Hazards Risk* 10, 912–934. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1552630>
- Shi, W., Huang, S., Zhang, K., Liu, B., Liu, D., Huang, Q., Fang, W., Han, Z., Chao, L., 2022. Quantifying the superimposed effects of drought-flood abrupt alternation stress on vegetation dynamics of the Wei River Basin in China. *J. Hydrol.* 612, 128105. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128105>

- Siegrist, M., 2021. Trust and Risk Perception: A Critical Review of the Literature. *Risk Anal.* 41, 480–490. <https://doi.org/10.1111/risa.13325>
- Siegrist, M., Árvai, J., 2020. Risk Perception: Reflections on 40 Years of Research. *Risk Anal.* 40, 2191–2206. <https://doi.org/10.1111/risa.13599>
- Singh, C., Jain, G., Sukhwani, V., Shaw, R., 2021. Losses and damages associated with slow-onset events: urban drought and water insecurity in Asia. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 50, 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.02.006>
- Sullivan-Wiley, K.A., Short Gianotti, A.G., 2017. Risk Perception in a Multi-Hazard Environment. *World Dev.* 97, 138–152. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.04.002>
- Tabari, H., Hosseinzadehtalaei, P., Thiery, W., Willems, P., 2021. Amplified Drought and Flood Risk Under Future Socioeconomic and Climatic Change. *Earth's Futur.* 9, 1–24. <https://doi.org/10.1029/2021EF002295>
- Taïbi, A.N., Rakotoarisoa, M., Champin, L., Fleurant, C., Razaka-, T., Guyard, S., 2017. Méthode d'analyse de la vulnérabilité aux inondations à Toliara ( sud-ouest Madagascar ) To cite this version : HAL Id : hal-01703318. *Geo-Eco-Trop-Eco* 41, 455–462.
- Tamagnone, P., Comino, E., Rosso, M., 2020. Rainwater harvesting techniques as an adaptation strategy for flood mitigation. *J. Hydrol.* 586, 124880. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124880>
- Ullah, F., Saqib, S.E., Ahmad, M.M., Fadlallah, M.A., 2020. Flood risk perception and its determinants among rural households in two communities in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Nat. Hazards* 104, 225–247. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04166-7>
- UNDRR, 2016. Rapport du groupe de travail intergouvernemental d'experts à composition non limitée chargé des indicateurs et de la terminologie relatifs à la réduction des risques de catastrophe.
- Van Loon, A.F., Gleeson, T., Clark, J., Van Dijk, A.I.J.M., Stahl, K., Hannaford, J., Di Baldassarre, G., Teuling, A.J., Tallaksen, L.M., Uijlenhoet, R., Hannah, D.M., Sheffield, J., Svoboda, M., Verbeiren, B., Wagener, T., Rangelcroft, S., Wanders, N., Van Lanen, H.A.J., 2016. Drought in the Anthropocene. *Nat. Geosci.* <https://doi.org/10.1038/ngeo2646>
- Vieilledent, G., Grinand, C., Rakotomalala, F.A., Ranaivosoa, R., Rakotoarijaona, J.-R., Allnutt, T.F., Achard, F., 2018. Combining global tree cover loss data with historical national forest cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Biol. Conserv.* 222, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.04.008>
- Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., Kuhlicke, C., 2013. The Risk Perception Paradox- Implications for Governance and Communication of Natural Hazards. *Risk Anal.* 33, 1049–1065. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01942.x>
- Wachinger, G., Renn, O., Bianchizza, C., Coates, T., De Marchi, B., Domènech, L., Jakobson,

- I., Kuhlicke, C., Lemkow, L., Pellizzoni, L., 2010. Risk perception and natural hazards, CapHaz-Net WP3 Report.
- Waeber, P.O., Wilmé, L., Ramamonjisoa, B., Garcia, C., Rakotomalala, D., Rabemananjara, Z.H., Kull, C.A., Ganzhorn, J.U., Sorg, J.-P., 2015. Dry forests in Madagascar: neglected and under pressure. *Int. For. Rev.* 17, 127–148. <https://doi.org/10.1505/146554815815834822>
- Walker, D.W., Van Loon, A.F., 2023. Droughts are coming on faster. *Science* (80-. ). 380, 130–132. <https://doi.org/10.1126/science.adh3097>
- Ward, P.J., de Ruiter, M.C., Mård, J., Schröter, K., Van Loon, A., Veldkamp, T., von Uexkull, N., Wanders, N., AghaKouchak, A., Arnbjerg-Nielsen, K., Capewell, L., Carmen Llasat, M., Day, R., Dewals, B., Di Baldassarre, G., Huning, L.S., Kreibich, H., Mazzoleni, M., Savelli, E., Teutschbein, C., van den Berg, H., van der Heijden, A., Vincken, J.M.R., Waterloo, M.J., Wens, M., 2020. The need to integrate flood and drought disaster risk reduction strategies. *Water Secur.* 11, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100070>
- Weiskopf, S.R., Cushing, J.A., Morelli, T.L., Myers, B.J.E., 2021. Climate change risks and adaptation options for Madagascar. *Ecol. Soc.* 26, art36. <https://doi.org/10.5751/ES-12816-260436>
- Willits, F.K., Theodori, G.L., Luloff, A.E., 2016. Another look at Likert scales. *J. Rural Soc. Sci.* 31, 6.
- Wilson, R.S., Zwickle, A., Walpole, H., 2019. Developing a Broadly Applicable Measure of Risk Perception. *Risk Anal.* 39, 777–791. <https://doi.org/10.1111/risa.13207>
- Yao, P., Qian, L., Wang, Z., Meng, H., Ju, X., 2022. Assessing Drought, Flood, and High Temperature Disasters during Sugarcane Growth Stages in Southern China. *Agric.* 12. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122117>
- Yee, T.W., 2015. *Vector Generalized Linear and Additive Models With an Implementation in R*, Springer S. ed. Springer, New York.
- Yuan, X., Wang, Y., Ji, P., Wu, P., Sheffield, J., Otkin, J.A., 2023. A global transition to flash droughts under climate change. *Science* (80-. ). 380, 187–191.
- Zhang, Q., Gu, X., Singh, V.P., Kong, D., Chen, X., 2015. Spatiotemporal behavior of floods and droughts and their impacts on agriculture in China. *Glob. Planet. Change* 131, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.05.007>
- Zhang, Z., Cazelles, B., Tian, H., Christian Stige, L., Bräuning, A., Stenseth, N.C., 2009. Periodic temperature-associated drought/flood drives locust plagues in China. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 276, 823–831. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1284>
- Zhao, Y., Weng, Z., Chen, H., Yang, J., 2020. Analysis of the Evolution of Drought, Flood, and Drought-Flood Abrupt Alternation Events under Climate Change Using the Daily SWAP Index. *Water* 12, 1969. <https://doi.org/10.3390/w12071969>

## Annexes

### Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

#### SECTION A: CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DE MENAGES

A1. Milieu d'habitation : R/      A. Urbain      B. Rurale

A2. Nom de la commune : R/.....

A3. Genre de l'enquêté R/    A. Homme      B. Femme

A4. Quel est votre âge ? R/ .....

A5. Quel est votre niveau d'étude ? (Choix unique)

R/    A. Analphabète      B. Primaire      C. CEG  
       D. Secondaire      E. Universitaire et Post universitaire

A6. Quel est le nombre total des personnes de votre ménage ? R/  
 .....

A7. Quel est votre principale activité (moyen de subsistance) ? (Choix unique)

R/ A. Commerces      B. Fonctionnaire public/Privé    C. Artisan    D. Pêche  
 E. Agriculture /Elevage

A8. Dans quel intervalle se situe votre niveau de revenu ? (Choix unique)

R/ A. 0 à 30 000 ariary      B. 30 000 à 60 000 ariarys    C. 60 000 à 90 000 ariary  
       D. 90 000 à 150 000 ariary    E. Supérieur à 150 000 ariarys

A11. Êtes-vous propriétaire de la maison dans laquelle vous habitez ? R/ A. Oui B. Non

A12. Depuis combien de temps êtes-vous installé dans le quartier ou vous habitez ?

R/    A. Moins de 5 ans    B. 5 à 10 ans      C. 10 à 20 ans    D. 20 à 30 ans  
       E. 30 ans et plus

#### SECTION B : PERCEPTION DE RISQUE

B1. Noter de 1 à 5 jusqu'à quel point vous êtes effrayé face à l'inondation ou la sécheresse  
 (1 = Pas du tout effrayé et 5= Très effrayé) :

Risque	1 = Pas du tout effrayé	2= Pas effrayé	3= Neutre	4= Effrayé	5= Très effrayé
Inondation					
Sècheresse					

B2. A quel point pensez-vous que l'inondation ou la sécheresse se produira dans les 5 prochaines années dans votre zone d'habitation ? (1 = Très faible et 5= Très largement)

Risque	1= Très faible	2= Faible	3=Neutre	4= Largement	5 = Très largement
Inondation					

Sècheresse					
------------	--	--	--	--	--

**B3. Si une sécheresse ou une inondation se produit dans cette région, dans quelle mesure cela affectera-t-il la qualité de vie (bien-être générale) de votre ménage ? (1 = pas du tout grave et 5= très grave ) :**

Risque	1= Pas du tout grave	2= Un peu grave	3= Neutre	4= Grave	5= Très grave
Inondation					
Sècheresse					

**B4. Si une sécheresse ou une inondation se produit dans cette région, dans quelle mesure cela causera-t-il des pertes financières dans votre ménage ? (1 = pas du tout grave et 5= très grave ) :**

Risque	1= Pas du tout grave	2= Un peu grave	3= Neutre	4= Grave	5= Très grave
Inondation					
Sècheresse					

#### SECTION C : EXPERIENCE DU RISQUE

- **Expérience directe du risque d'inondation**

**C1. Avez-vous déjà vécu une inondation dans votre ménage ?**

R/ A. Oui                      B. Non                      (Si non, aller à la question C2)

**Si oui :**

**C1a. A quand remonte votre dernière inondation vécue ?**

R/    A. L'année dernière    B. 2 ans passé                      C. 5 ans passés                      D. Plus de 5 ans

**C1c. Avez-vous subi des conséquences négatifs (pertes de biens, vie humaines, bétails, récolte, logement) dans votre ménage à cause l'inondation vécue (Au moins une inondation vécue) ?**

R/    A. Oui                                      B. Non                                      C. Je ne me souviens pas ou je ne sais pas

**C1d. Si vous avez subits des dommages, veuillez noter de 1 à 5 votre appréciation globale des dommages subis lors de votre dernière expérience vécue. (1= Pas du tout, 5 = Beaucoup).**

R/ 1= Pas du tout                      2= Un peu grave                      3= Neutre                      4= Grave                      5= Très grave grave

- **Expérience directe du risque de sécheresse**

**C2. Avez-vous déjà vécu une sécheresse dans votre ménage ? R/ A. Oui                      B. Non**

**Si oui :**

**C2a. A quand remonte votre dernière sécheresse vécue ?**

R/ A. L'année dernière B. 2 ans passé C. 5 ans passés D. Plus de 5 ans

**C2c. Avez-vous subi des conséquences négatifs (pertes de biens, vie humaines, bétails, récolte, logement) dans votre ménage à cause des sécheresses vécue ?**

R/ A. Oui B. Non C. Je ne me souviens pas ou je ne sais pas

**C2d. Si vous avez subits des dommages, veuillez noter de 1 à 5 votre appréciation globale des dommages subis lors de votre dernière expérience vécue. (1= Pas du tout grave, 5 = Très grave)**

R/ 1= Pas du tout 2= Un peu grave 3= Neutre 4= Grave 5= Très grave grave

- **Expérience indirecte**

**C4. Avez-vous déjà eu une formation ou une éducation sur le risque d'inondation ou de sécheresse ?**

Risque	1. Oui	2. Non	3. Je ne me souviens pas ou je ne sais pas
Inondation			
Sècheresse			

**C5. Quels sont les principaux canaux auxquels vous avez accès pour vous informer et former sur les risques de sécheresse ou d'inondation et les actions d'adaptation ? --Choix multiple**

**Inondation**

R/ (1) Radio, (2) TV, (3) Téléphone/internet, (4) Internet  
(5) Revue/Brochure/bulletin (6) autre à préciser

**Sécheresse**

R/ (1) Radio, (2) TV, (3) Téléphone/internet, (4) Internet  
(5) Revue/Brochure/bulletin (6) autre à préciser

**SECTION D : CONNAISSANCE DES CAUSE D'INONDATION ET DE SECHERESSE**

**D1. Selon vous, quelles sont les causes des inondations ou des sécheresses ?**

- **Inondation (Plusieurs réponse sont possibles)**

R/ A. Forte pluie B. Cyclone C. Déforestation et culture  
surbrulis D. Mauvais état du réseau de *drainage* E. Malédiction divine ou  
des ancêtres F. Autre à préciser

**Préciser autres causes**

.....  
.....  
.....

- **Sécheresse (Plusieurs réponse sont possible)**

R/    **A.** Changement climatique    **B.** Les activités humaines    **C.** Déforestation  
      **D.** Malédiction divine ou des ancêtres        **E.** Autre à préciser

**Préciser autres causes**

.....  
.....  
.....

**SECTION E : COEXISTENCE SECHERESSE-INONDATION**

**E3. Comment voyez-vous l'évolution future des évènements d'inondation et de sécheresse ? (Choix unique)**

- A.** Augmentation de la sécheresse et diminution des inondations
- B.** Augmentation des inondations et diminution de la sécheresse
- C.** Augmentation de ces 2 phénomènes (sécheresse et des inondations)
- D.** Diminution de ces 2 phénomènes (sécheresse et des inondations)

**E4. Pensez-vous que la coexistence de sécheresse et d'inondation dans votre zone augmente les impacts (perte) liés à ces deux risques ?**    R/    **A.** Oui **B.** Non

**E4a. Si oui, pourquoi selon-vous ?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**E5. Pensez-vous que la coexistence de sécheresse et d'inondation dans votre zone peut rendre difficile la mise en place des mesures d'adaptation ?** R/    **A.** Oui        **B.** Non

**E5a. Si oui, pourquoi selon-vous ?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**SECTION F : COEXISTENCE I-S ET LES MESURES D'ADAPTATION**

**F1. Etes-vous prêt à mettre en œuvre des actions pour réduire les impacts des inondations ou des sécheresses qui se produiront dans votre zone d'habitation ?**

<b>Risque</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>
Inondation		
Sècheresse		

**F2. Avez-vous déjà mis en place au niveau de votre ménage des actions pour réduire les effets négatifs et l'exposition aux inondations ou sécheresses ?**

Risque	Oui	Non
Inondation		
Sècheresse		

**F2a. Si oui, selon le type de risque (inondations ou sécheresses), quels sont les actions mise en place ?**

- **Sécheresse (plusieurs choix)**
  - A. La réduction de la consommation d'eau
  - B. La collecte de l'eau de pluie
  - C. Choix de plantes (agriculture urbaine ou périurbaine) adapté à la sécheresse
  - D. La réutilisation de l'eau
  - E. Changement d'activité économique
  - F. Changement de lieu résidence
  - G. Déscolarisation des enfants
  - H. Autre à préciser

**Préciser autres mesures**

.....  
 .....  
 .....

- **Inondation (plusieurs choix)**
  - A. La réduction de la consommation d'eau
  - B. La collecte de l'eau de pluie
  - C. Protection des objets des valeurs en hauteurs
  - D. Choix de plantes (agriculture urbaine ou périurbaine) adapté à l'excès d'eau
  - E. Construction d'une maison résistante
  - F. Changement de lieu résidence
  - G. Autre à préciser

**Préciser autres mesures**

.....  
 .....  
 .....

*Merci d'avoir répondu à nos questions !*

## Annexe 2 : Guide d'entretien avec les autorités locales

### Section 1 : Identification de l'acteur

- **Type d'acteur**

---

- **Nom institution**

---

- **Combien d'année exercez-vous dans le domaine de gestion de risques ?**

---

### Section 2 : Coexistence Inondation-Sécheresse

- **Comment voyez-vous l'évolution futur de ces évènements (sécheresse et des inondations) ?**

1. Augmentation de la sécheresse et diminution des inondations
2. Augmentation des inondation et diminution de la sécheresse
3. Augmentation de ces 2 phénomènes (sécheresse et des inondations)
4. Diminution de ces 2 phénomènes (sécheresse et des inondations)

- **Pensez-vous que la coexistence de sécheresse et d'inondation dans votre zone augmente les impacts liés à ces deux risques ?**

1. Oui
2. Non

- Si oui/non, pourquoi selon-vous ?

---

---

---

---

---

---

- **Pensez-vous que la coexistence de sécheresse et d'inondation dans votre zone peut rendre difficile la mise en place des mesures d'adaptation ?**

1. Oui
2. Non

- Si oui/non, pourquoi selon-vous ?

---

---

---

---

---

---

### Section 2 : Prise de mesures

