



FONDATION
croix-rouge française
| Pour la recherche humanitaire et sociale



Résilience des populations face aux risques d'inondations en contexte de changement climatique : quel niveau de vulnérabilité de la population à Ziguinchor (Sénégal) ?

Cheikh FAYE

Pr / Enseignant-chercheur,

Département de Géographie, UFR Sciences et Technologies, Université Assane
Seck de Ziguinchor, Sénégal



Les Papiers de la Fondation n° 57

Novembre 2024

Cette recherche a été réalisée dans le cadre d'un appel à bourses de recherche de la Fondation Croix-Rouge française et avec le soutien financier de son partenaire, la Fondation de France.

La Fondation Croix-Rouge française, créée sur l'initiative de la société nationale de la Croix-Rouge française, a pour vocation d'initier, de soutenir et de récompenser les projets de recherche qui mettent en perspective les principes, pratiques et finalités d'une action humanitaire en transition. À travers des appels à bourses de recherche, l'attribution de prix de recherche et l'organisation d'événements scientifiques, la Fondation Croix-Rouge française vise à définir les enjeux de l'action humanitaire de demain, accompagner les acteurs et les personnes, parties prenantes de la solidarité internationale, diffuser les savoirs issus de regards croisés et stimuler le débat.

La Fondation Croix-Rouge française est un membre actif du RC3 (The Red Cross Red Crescent Research Consortium), le consortium de recherche du Mouvement international de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (CICR). Un réseau créé en 2019, qui travaille en collaboration avec les Sociétés nationales, la Fédération internationale et le CICR, dédié à la conduite et à la promotion de recherches en sciences humaines et sociales pour aider à construire des communautés plus sûres, plus résilientes et plus durables sur la base de résultats scientifiques.

Les propos et opinions exprimés dans cet article n'engagent que son/ses auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement ceux de la Fondation Croix-Rouge française.

Le contenu de cet article relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'auteur.

Il est interdit pour un usage autre que privé, scientifique ou pédagogique de reproduire, diffuser, vendre et publier intégralement ou partiellement sous quelque forme que ce soit cet article sans autorisation écrite particulière et préalable, dont la demande doit être adressée à la Fondation Croix-Rouge française.

© Tous droits réservés.

Avec le soutien de



Pour citer cet article :

FAYE Cheikh « Résilience des populations face aux risques d'inondations en contexte de changement climatique : quel niveau de vulnérabilité de la population à Ziguinchor (Sénégal) ? », Fondation Croix-Rouge française, *Les Papiers de la Fondation*, n° 57, Novembre 2024, 32 p.

Résumé

Les inondations urbaines sont devenues un phénomène régulier dans de nombreuses villes africaines au cours des dernières années. Les professionnels associés à la gestion des catastrophes et au changement climatique sont à l'avant-garde de la lutte contre les inondations urbaines. Pour réduire les risques d'inondation, la vulnérabilité et ses composantes doivent être comprises. Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sont diverses et complexes, avec une nature variée de compréhension des termes clés utilisés dans divers contextes, et cette diversité se reflète finalement sur l'interprétation des résultats dans les contextes de recherche. L'objectif de cette étude était de quantifier les indicateurs de vulnérabilité et de développer un modèle multidimensionnel pour l'évaluation de la vulnérabilité. La vulnérabilité est explorée à travers le prisme de six dimensions : sociale, physique, économique, environnementale, institutionnelle et attitudinale. Cette méthodologie est appliquée sur six sites d'étude à Ziguinchor, situés dans des zones inondables à haut risque et sélectionnés pour une enquête empirique. Une enquête auprès des ménages a été menée et des indices ont été élaborés pour chaque dimension sur la base d'indicateurs bien définis. Les résultats mettent en évidence les différentes dynamiques qui influencent la vulnérabilité aux inondations dans les six sites urbains. Le degré de vulnérabilité multidimensionnelle globale aux inondations variait de manière significative ($t = 73,492$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) entre les sites d'étude. À Ziguinchor, environ 45,3 % des ménages interrogés étaient très vulnérables, tandis que 13,7 % avaient une vulnérabilité très faible. La méthodologie proposée pour l'évaluation de la vulnérabilité a été testée et jugée opérationnelle.

Mots-clés : risques d'inondations, changement climatique, vulnérabilité, résilience, Ziguinchor

Summary

Urban flooding has become a regular occurrence in many African cities in recent years. Disaster management and climate change professionals are at the forefront of the fight against urban flooding. In order to reduce the risk of flooding, it is necessary to understand vulnerability and its components. Vulnerability assessment methods are diverse and complex, with different understandings of key terms used in different contexts, and this diversity is ultimately reflected in the interpretation of results in research contexts. The aim of this study is to quantify vulnerability indicators and develop a multidimensional model for vulnerability assessment. Vulnerability is explored through the prism of six dimensions: social, physical, economic, environmental, institutional and attitudinal. The methodology was applied to six study sites in Ziguinchor, located in high risk flood zones and selected for an empirical study. A household survey was conducted, and indices were constructed for each dimension based on well-defined indicators. The results highlight the different dynamics influencing vulnerability to flooding in the six urban sites. The degree of overall multidimensional vulnerability to flooding varied significantly across the study sites ($t = 73.492$ and $p\text{-value} < 0.0001$ at 95% confidence level). In Ziguinchor, approximately 45.3% of the surveyed households were highly vulnerable, while 13.7% were highly vulnerable. The proposed methodology for assessing vulnerability was tested and found to be operational.

Keywords: flood risk, climate change, vulnerability, resilience, Ziguinchor.

Résilience des populations face aux risques d'inondations en contexte de changement climatique : quel niveau de vulnérabilité de la population à Ziguinchor (Sénégal) ?

Introduction

Les désastres consécutifs à des chocs comme les ouragans, les inondations, la sécheresse, les tremblements de terre, les éruptions volcaniques et les glissements de terrain menacent en permanence des millions d'hommes et de femmes et leurs moyens de subsistance à travers le monde. Dans un contexte de tensions et de stress croissants liés aux effets négatifs du changement climatique, de la croissance démographique et des inégalités sociales, ces désastres sont susceptibles de devenir plus fréquents, plus intenses et de produire un impact toujours plus grand sur les régions affectées. Le renforcement de la résilience aux désastres est primordial pour atténuer les impacts négatifs que ces événements peuvent provoquer, en particulier au sein des communautés les plus vulnérables, qui en subissent souvent les effets de manière disproportionnée. Cela permet également de garantir que les avancées réalisées dans les domaines du développement et du bien-être souvent durement acquises, et soient durablement préservées face à ces perturbations.

Depuis quelques décennies, les catastrophes naturelles plus dévastatrices semblent survenir à un rythme plus accéléré à l'échelle mondiale (Sokemawu, 2017). De nos jours, aucun territoire n'échappe à ces événements extrêmes dominés par les inondations qui s'avèrent très dommageables surtout pour les communautés urbaines souvent dépourvues de solutions durables de gestion et de mitigation de ces événements à forts impacts. Avec plus de la moitié de la population mondiale vivant dans les zones urbaines, ces phénomènes deviennent une préoccupation croissante pour les populations, les scientifiques et les décideurs politiques (Nasiri et al., 2013). En Afrique Subsaharienne, l'occurrence de ces extrêmes hydrologiques pourrait croître en raison du double contexte d'explosion démographique et d'urbanisation exponentielle très souvent mal maîtrisée. En effet, les facteurs influençant les risques d'inondation diffèrent d'une région à l'autre en fonction du contexte environnemental local et des stratégies de gestion, de mitigation et d'adaptation mises en œuvre d'une part par les populations et d'autre part par les autorités territoriales.

Depuis plusieurs années, les villes sénégalaises connaissent des épisodes répétitifs d'inondations, de croissance progressive de l'érosion urbaine et des problèmes d'assainissement sans précédent. L'ensemble de ces risques environnementaux sont dus à l'agressivité des facteurs climatiques et aux activités anthropiques incontrôlées (Mamadou, 2016). Dans le contexte sénégalais, les aléas climatiques sont exacerbés par plusieurs facteurs aggravants : la pauvreté des ménages, l'utilisation de matériaux de construction inappropriés, la construction dans des zones inondables (Wallez, 2010), l'insuffisance des infrastructures de protection (digues), l'ensablement des points d'eau, l'absence ou l'inadéquation de plans d'aménagement urbain, ainsi que la faiblesse des systèmes

d'information et d'alerte (Cutter, 2009) et des structures régionales de gestion des catastrophes, entre autres. Ainsi les dégâts causés par les inondations chaque année dans les différentes villes du pays sont entre autres : des effondrements d'habitations et d'infrastructures (écoles, routes, ponts, digues, etc.), des pertes de bétail et des hectares de cultures pluviales ; mais aussi des pertes en vies humaines.

Le Sénégal est l'un des pays dont une faible proportion de la population a accès à des systèmes d'assainissement adéquats. Les réseaux collectifs d'égout réalisés par l'Office National de l'Assainissement au Sénégal (ONAS) ne couvrent qu'une partie des usagers urbains soit environ 46.240 ménages sur l'ensemble du territoire (ONAS, 2012 ; Sané, 2018 ; Sané et al., 2019). À l'instar des villes sénégalaises, la ville de Ziguinchor n'est pas une exception à cette situation. Elle fait face à une croissance urbaine exponentielle depuis les décennies 1970, 1980 et 1990 avec un taux d'urbanisation de 51,1% qui est au-dessus de la moyenne nationale de 47,5 % (ANSD, 2014). Le système d'assainissement utilisé par la majeure partie des ménages reste autonome. L'absence notée des canaux d'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées domestiques, de réseau de drainage et de bassins de rétention fait que certains ménages se sentent obligés d'user les techniques spontanées comme stratégies d'adaptations pour pallier ce phénomène.

Au cours des 35 dernières, le Sénégal fait face à une urbanisation à grande échelle, mais accompagnée de faibles niveaux d'investissement dans les infrastructures et la gestion résilientes aux inondations. La combinaison de ces processus a entraîné une forte augmentation de la fréquence des inondations et des dégâts, avec des impacts socio-économiques importants dans tout le pays. Le changement climatique et l'expansion urbaine devraient continuer à entraîner une tendance à la hausse des inondations à l'avenir. La nouvelle compréhension scientifique sera essentielle pour éclairer le développement d'informations et de produits climatiques qui peuvent soutenir une planification appropriée pour la ville de Ziguinchor, afin de renforcer la résilience des habitants et des infrastructures de la ville face aux risques d'inondations futures, ce qui passe par une évaluation de la vulnérabilité des populations face à ce risque.

L'évaluation de la vulnérabilité est un élément essentiel de la réduction des risques de catastrophe et de la science de la durabilité (Zhou et al. 2015). La vulnérabilité est devenue un concept largement utilisé dans le changement environnemental global, la gestion des risques de catastrophe et l'adaptation au changement climatique (Gain et al. 2015). L'évaluation de la vulnérabilité implique à la fois l'identification et la réduction des susceptibilités des éléments exposés. Elle est considérée comme une étape cruciale vers la réduction des conséquences des aléas naturels et des risques de catastrophe (Fuchs et al. 2012). La vulnérabilité est souvent exacerbée par les inégalités socio-économiques, la pauvreté, la forte densité de population, le manque de sensibilisation, la faiblesse des institutions et la médiocrité des infrastructures (Rana et Routray 2016). Pour minimiser les dommages potentiels associés aux catastrophes, les vulnérabilités et les facteurs des communautés doivent être mesurés (Armaş 2012). Récemment, l'intérêt s'est porté sur l'élaboration de méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité (Balica et al. 2012), mais ces méthodologies doivent encore être affinées avant de pouvoir être incluses dans les politiques. La vulnérabilité est multiforme et comprend divers composants, mais il manque une méthodologie intégrée qui fusionne tous les composants ensemble. Cette étude tente de quantifier la vulnérabilité multidimensionnelle en utilisant les dimensions sociales, physiques, économiques, environnementales, institutionnelles et attitudeles. Cette évaluation multidimensionnelle de la vulnérabilité aiderait grandement à identifier un plan

d'action pertinent pour la réduction des risques de catastrophe dans les communautés exposées. L'objectif général de cette étude est donc d'analyser la vulnérabilité des populations de la ville de Ziguinchor en vue de déterminer leur niveau de résilience face au risque d'inondation. En dressant le portrait des populations vulnérables au risque d'inondation lié au climat, l'objectif est d'améliorer leurs capacités à y faire face.

Zone d'étude

La ville de Ziguinchor est située au sud-ouest du Sénégal et est localisée entre les méridiens 16° et 17° et les parallèles 12° et 13° avec une altitude moyenne de 19,30 m. Elle est limitée au nord par le fleuve Casamance, au sud par la commune rurale de Niaguis ; à l'ouest par le marigot de *Djibélor* et à l'est par le marigot de *Boutoute* (Figure 1). Elle fait face à une croissance urbaine exponentielle depuis les décennies 1970, 1980 et 1990 avec un taux d'urbanisation de 51,1% qui est au-dessus de la moyenne nationale de 47,5 % (ANSD, 2014). La ville de Ziguinchor se caractérise par un tissu urbain très contrasté, comportant à la fois des quartiers de bas, moyen et haut standing, ainsi que des habitats non réglementaires et informels généralement faits de matériaux de récupération (Gomis et al., 2019).

La ville de Ziguinchor se situe au sud-est du Sénégal, embrassée par le fleuve Casamance au Nord, la commune de Niaguis à l'Est, le village de Djibélor à l'Ouest et la commune de Boutoupa Camaracounda au Sud. Ancienne ville portugaise, Ziguinchor est composée d'une population melting-pot, dont l'ethnie majoritaire est le Joola. Elle est influencée par un climat subsoudanien qui lui confère la zone la plus pluvieuse (isohyètes supérieures à 1000 mm), comparée aux autres parties du pays. Sa proximité par rapport à la mer, lui confère un microclimat particulier, avec une sensation de fraîcheur durant les mois de décembre, janvier, février et mars. Le réseau hydrographique est principalement formé du fleuve Casamance au nord et ses petits affluents à savoir le marigot de Boutoute et de Djibélor respectivement à l'est et l'ouest de la ville. Depuis sa création jusqu'à nos jours, Ziguinchor compte 27 quartiers au dernier recensement de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) de 2013.

La problématique de l'assainissement se pose avec acuité à Ziguinchor, une des zones où sont enregistrées les plus importantes quantités pluviométriques du pays (1500 à 2000 mm par an en moyenne). Des pluies qui sont le plus souvent à l'origine de forts ruissellements et qui exposent certains quartiers de la ville à des risques d'inondations ; un phénomène provoqué par la stagnation ou le ruissellement anarchique des eaux pluviales. En d'autres termes, malgré un réseau de drainage des eaux pluviales, la collecte, le traitement et l'évacuation des eaux pluviales urbaines demeurent une équation à plusieurs inconnues, aussi bien pour les autorités municipales que pour les populations. Et si d'aucuns incriminent les populations et pointent du doigt certains comportements aux antipodes des bonnes pratiques environnementales, ces dernières indexent, par contre, les défaillances d'un système d'assainissement combinées à une absence d'un réseau d'assainissement adéquat pour les eaux usées ou pluviales. Durant chaque hivernage, ce sont les populations de plusieurs quartiers de Ziguinchor qui s'enlisent dans les eaux.

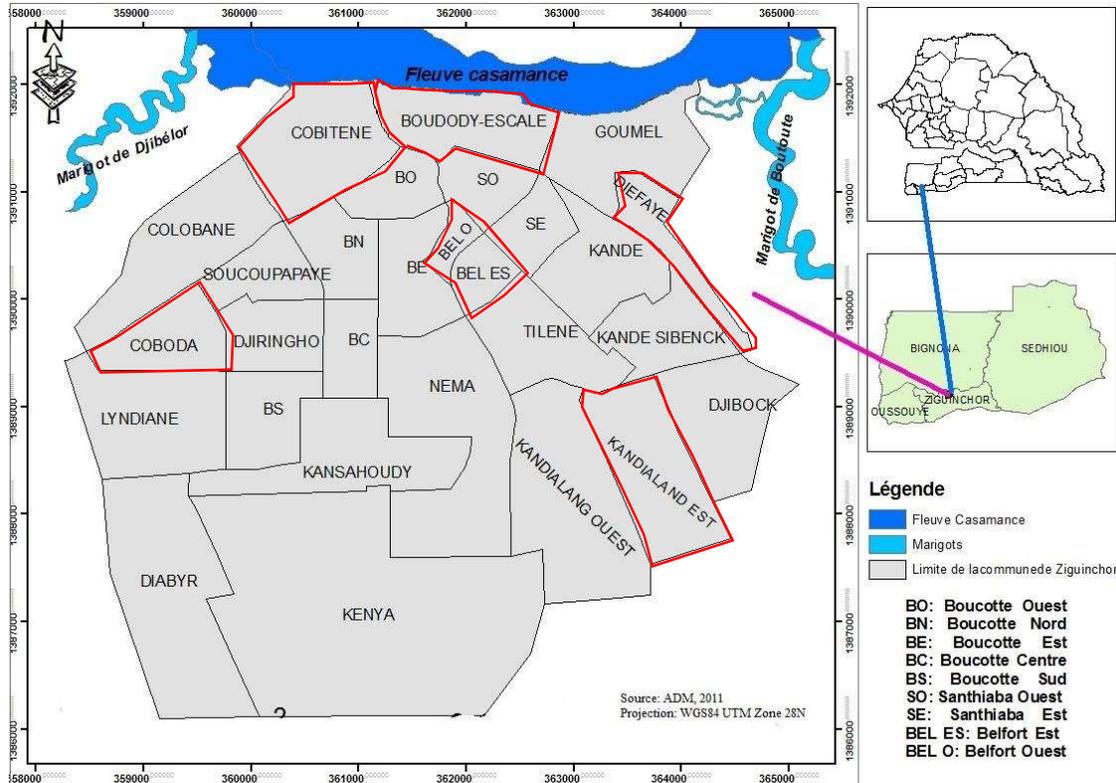


Figure 1 : Localisation des quartiers de la ville de Ziguinchor (l'espace en rouge constitue les quartiers ciblés pour les enquêtes)

Approche méthodologique

Compte tenu des objectifs visés, la démarche à adopter dans ce projet de recherche nous a conduits, en lien avec les enjeux de développement urbain durable, à envisager les concepts d'impacts du changement climatique sur les inondations et d'adaptation dans le cadre d'une analyse globale des vulnérabilités urbaines plus apte à comprendre la complexité des processus en question. La méthodologie de ce projet de recherche s'est basée sur les observations directes sur le terrain où des enquêtes et interviews vont être réalisées. Cette approche a été complétée par des analyses diachroniques des images en vue de produire des cartes d'occupation de sol.

Recherche documentaire

La première phase a consisté à l'exploitation des documents internes et travaux de la Commune de Ziguinchor, nous allons avoir accès à une documentation importante sur les études, les démarches d'atténuation et les travaux d'assainissement réalisés dans la ville (Compte rendu, rapports de mission, consultations, archives administratives). Dans la deuxième phase, l'analyse de la littérature scientifique existante s'est faite, notamment des documents écrits, des sites web, des articles de presse et des journaux, mais aussi des bases de données existantes et des documents audiovisuels (présentations, rapports, articles, supports de séminaires).

Le travail de terrain

Notre travail a permis de constituer une base de données issue de diverses sources. Certaines données ont été recueillies par le biais d'enquêtes, d'observations directes, notamment en participant aux observations, ainsi que de levées GPS et de mesures réalisées sur le terrain. D'autres informations ont été obtenues lors d'entretiens semi-directifs menés à l'aide d'un guide d'entretien avec les acteurs publics locaux, des organisations non gouvernementales, mais également lors de réunions publiques et d'ateliers de travail, tels que des focus groups, auxquels nous avons activement participé. Le travail de terrain a été effectué sur la base de deux activités : la première activité a consisté à faire un inventaire des catastrophes naturelles d'origine hydrométéorologique dans les villes d'étude et de leurs impacts socioéconomiques en compilant des données hydrométéorologiques, environnementales, sociales, économiques (estimation des coûts des dommages) relatives aux événements. La deuxième activité a visé une analyse des zones et populations urbaines vulnérables aux catastrophes naturelles d'origine hydrométéorologique en vue d'une analyse des données environnementales (notamment les changements d'usage des sols), climatologiques, sociologiques. Cette étape quant à elle a consisté à aller vers les ménages qui ont été victimes des inondations afin de s'informer sur les phénomènes passés. Elle nous a édifiés sur les dégâts causés, les stratégies développées, la perception du risque et la raison du choix des zones à risque. La méthode qui a été utilisée pour l'évaluation de la vulnérabilité et de la résilience face aux inondations dans le cadre de ce projet de recherche est une analyse multicritère.

Les enquêtes de terrain

La collecte des données socio-économique s'est déroulée dans la zone d'étude durant les mois de décembre 2022 et janvier 2023. Elle s'est fondée sur la collecte des données d'enquêtes qualitatives (entretiens individuels, un focus group, et des observations directes sur le terrain) et quantitatives. L'échantillonnage a été réalisé en fonction de la taille des ménages dans les cinq quartiers ciblés de ville de Ziguinchor (Coboda et Cobitène qui jouxtent le marigot de Djibélor, Kandialang-Est et Diéfaye qui jouxtent le marigot de Boutoute, Boudody-Escale qui jouxte le fleuve Casamance et Belfort dans la partie centre). Les sites ont été choisis sur la base de leurs antécédents en matière de risques naturels (catastrophes vécues) et sont très exposés aux risques d'inondation en saison pluvieuse à cause de leur proximité avec le fleuve Casamance ou les rizières (Figure 1). Pour déterminer la taille de l'échantillon, la formule d'échantillonnage de BERNOUILLI a été utilisée, selon l'équation suivante :

$$n = \frac{(Z)^2 \times N}{(Z)^2 + \alpha^2 \times (N - 1)}$$

Avec n = Taille de l'échantillon ; N = Taille de l'univers investigué ; α = Largeur de la fourchette exprimant la marge d'erreur ; Z = Valeur type correspondant au niveau de confiance choisi.

Pour ce projet, la population mère (N) est de 3 158 ménages pour les 6 quartiers choisis, le Z correspondant au niveau de confiance 95% choisi de 1,96, exprimant la marge d'erreur

de 5% est de 0,05. De ce fait, l'étude a porté sur un échantillon de 342 ménages, soit 11% de la population mère, selon un intervalle de confiance ou d'incertitude de l'ordre de 5%.

Le tableau 1 suivant indique la répartition de l'échantillonnage en fonction des quatre quartiers.

Tableau 1 : Répartition de l'échantillonnage

Quartiers	Nombre de ménages	Intervalle d'incertitude	Échantillonnage	Pourcentage
Coboda	960	5%	104	30,4
Cobitène	170	5%	18	5,4
Kandialang-Est	1070	5%	116	33,9
Diéfaye	324	5%	35	10,3
Boudody-Escale	517	5%	56	16,4
Belfort	117	5%	13	3,7
Total	3158	5%	342	100

Les entretiens individuels ont ciblé les chefs de ménage (342 ménages). Le questionnaire a porté sur l'analyse de la vulnérabilité face aux inondations. L'objectif a été d'identifier les groupes vulnérables, les informations sur les principaux risques d'inondation liés aux changements climatiques auxquels fait face la communauté et d'apprécier leurs perceptions des inondations.

Les entretiens avec les informateurs clés

Les personnes interrogées sont issues des autorités administratives, communautaires, locales et coutumières. Il s'agit notamment du Préfet du Département de Ziguinchor, des chefs et directeurs des services régionaux de l'urbanisme, de l'environnement, de l'éducation, de la santé, du maire, des chefs de quartier, ainsi que des représentants d'associations, des imams, et autres acteurs clés. Elles nous ont servi d'informateurs clés sur les composantes de la résilience liés à la gouvernance, à l'évaluation des risques, à l'éducation, à la gestion des risques et réduction de la vulnérabilité et à préparation et réponse face aux inondations. Les questions pour lesquelles leur participation est requise ont été posées séparément avant d'attribuer un niveau de résilience. Les données qualitatives ont été analysées en fonction des points communs et des différences dans les réponses.

Le Focus group

Pour caractériser le niveau de résilience des populations, un focus group a été fait avec des populations du quartier périphérique de Diéfaye et celui de Cobitène. Le nombre de participants était constitué d'au moins 12 personnes. Le groupe était composé des autorités locales et administratives (chef de quartier, imam, femmes, jeunes, leaders communautaires et quelques notables). Cette composition a été faite pour être représentative des différents secteurs de la communauté et a permis de recueillir un éventail d'opinions, d'attitudes, de

points de vue. Les travaux de terrain ont permis de caractériser les niveaux de vulnérabilité des populations et aussi les stratégies élaborées face aux inondations.

Autres outils de collecte des données utilisés

Dans ce projet, d'autres techniques et outils de collecte et de traitement des données ont été utilisés. Nous avons utilisé un GPS pour le géoréférencement de tous les ménages enquêtés et de la zone à risque d'inondation. Pour la réalisation de la carte de l'occupation des sols, nous avons utilisé les images satellitaires des dernières années de la ville de Ziguinchor, ces images ont été capturées sur Google earth pro. Le logiciel Erdas imagine a été pour le traitement de ces images (géoréférencement : GSC comme projection, WGS 1984 comme Datum et zone 28 N). La numérisation de l'image satellitaire et la conception des cartes s'est faite à l'aide du logiciel Arcgis 10.5. De plus, nous avons utilisé un appareil numérique de hautes résolutions pour la prise des photos sur le terrain.

Techniques et Outils de traitement des données

La deuxième phase a consisté au traitement et l'exploitation des données et informations recueillies sur le terrain. Ainsi, suivant la nature des informations et données récoltées, nous avons dressé des tableaux, des graphiques et des planches photographiques afin de mieux faire ressortir les résultats obtenus. Enfin pour la rédaction, le traitement des données, l'application des graphiques et tableaux, le logiciel Microsoft Office (Word et Excel) a été utilisé.

Perception des communautés du risque d'inondation, de ses impacts et des stratégies mises en place

L'analyse de la perception des populations sur le risque d'inondation, ses impacts et les stratégies mises en place s'est appuyée sur l'analyse des études et des recherches qui documentent le profil socioéconomique et démographique des communautés de Ziguinchor (principaux moyens de subsistance, état de santé, etc.). Elle s'est focalisée également sur l'identification des groupes vulnérables et les informations sur les principaux risques d'inondation liés aux changements climatiques, les principaux impacts et les différentes stratégies qu'elles développent pour y faire face, mais surtout sur les enjeux économiques et les impacts économiques potentiels aux inondations.

Évaluation de l'indice de vulnérabilité des ménages

Cette étude a appliqué la méthode de l'indice composite (IC) pour évaluer la vulnérabilité des ménages face aux inondations. L'indice composite est considéré comme un outil puissant pour l'analyse de la vulnérabilité, car il permet de résumer diverses données de manière plus simple et de les rendre plus compréhensibles (Birkmann, 2006). Différents domaines peuvent être mesurés en combinant divers indicateurs. Après une attribution appropriée des poids aux classes de chaque indicateur, l'indice de chaque facteur a été calculé, car les ensembles de données d'origine ont été transformés en poids respectifs pour le calcul de l'indice composite, en suivant la méthode que certains chercheurs ont utilisée dans leurs études (Bashier Abbas et Routray, 2014 ; Thouret et al., 2015 ; Gain et al., 2015 ;

Rana et al., 2018 ; Guragain et Doneys, 2022). Selon le modèle de vulnérabilité de l'UNISDR (2004), le risque de catastrophe est principalement enraciné dans quatre facteurs inhérents : la vulnérabilité sociale, physique, économique et environnementale, qui doivent être évaluées et gérées pour réduire le risque de catastrophe. L'approche basée sur l'indice utilisée dans cette étude a été développée pour évaluer ces quatre facteurs, afin d'analyser la vulnérabilité des ménages face aux inondations.

À travers cet outil, l'indice de vulnérabilité sociale (IVS), l'indice de vulnérabilité physique (IVP), l'indice de vulnérabilité économique (IVE) et l'indice de vulnérabilité environnementale (IVEn) auxquels, nous avons ajouté l'indice de vulnérabilité institutionnelle (IVI) et l'indice de vulnérabilité attitudinale (IVA), ont été développés pour analyser la vulnérabilité des ménages (Gain et al., 2015 ; Rana et al., 2018 ; Guragain, et Doneys, 2022). L'originalité de cette recherche a été de construire et d'utiliser ces indices pour tester la vulnérabilité des ménages dans le contexte des catastrophes liées aux inondations.

L'ensemble des données a été utilisé pour la technique de pondération subjective afin d'attribuer des valeurs aux classes respectives de phénomènes de chaque indicateur. Les indicateurs ont été choisis au moyen d'une analyse documentaire approfondie pour chaque dimension de la vulnérabilité. La méthode d'évaluation subjective pour attribuer des poids aux différents indicateurs a été basée sur le nombre d'études de vulnérabilité aux catastrophes et d'analyses sexospécifiques des chefs de ménage, à partir desquelles ces indicateurs ont été sélectionnés. Ces indicateurs ont été choisis à partir d'études empiriques dans les domaines de la science des risques de catastrophe et du changement climatique. Les indicateurs ont été examinés au regard des conditions locales et ajustés en conséquence. Dix indicateurs seront utilisés pour la composante sociale, six indicateurs utilisés pour les composantes physiques, économiques et environnementales, et quatre utilisés pour les composantes institutionnelles et attitudinales.

Pour le calcul de l'indice composite de vulnérabilité, cette étude a utilisé la référence de la technique de calcul de données appliquée par d'autres études empiriques sur les évaluations de la vulnérabilité aux inondations (Bashier Abbas et Routray, 2014 ; Thouret et al., 2015 ; Gain et al., 2015 ; Rana et al., 2018 ; Guragain, et Doneys, 2022). Cette étude va utiliser l'équation originale comme norme.

$$IC = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / n = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n}$$

L'IC représente l'indice composite, P_1 à P_n Est la pondération des valeurs d'indicateurs transformées individuellement, et n est le nombre d'indicateurs utilisés dans des composants particuliers pour calculer l'indice composite. Suivant ce principe général, cette étude va calculer les IVS, IVP, IVE, IVEn, IVI et IVA de chaque ménage échantillonné.

$$\text{Indice de vulnérabilité sociale (IVS)} = \sum_{i=1}^n \frac{SP_i}{n}; (n = 10)$$

$$\text{Indice de vulnérabilité physique (IVP)} = \sum_{i=1}^n \frac{PP_i}{n}; (n = 6)$$

$$\text{Indice de vulnérabilité économique (IVE)} = \sum_{i=1}^n \frac{EP_i}{n}; (n = 6)$$

$$\text{Indice de vulnérabilité environnementale (IVEn)} = \sum_{i=1}^n \frac{EnP_i}{n}; (n = 6)$$

$$\text{Indice de vulnérabilité institutionnelle (IVI)} = \sum_{i=1}^n \frac{IP_i}{n}; (n = 4)$$

$$\text{Indice de vulnérabilité attitudinale (IVA)} = \sum_{i=1}^n \frac{AP_i}{n}; (n = 4)$$

De même, l'indice de vulnérabilité multidimensionnelle (IVM) a été calculé comme suit :

$$\text{L'indice de vulnérabilité multidimensionnelle (IVM)} = \frac{IVS+IVP+IVE+IVEn+IVI+IVA}{6}$$

Conformément au principe général de la méthodologie, les valeurs d'origine des indicateurs ont été transformées en 0 et 1, en fonction du niveau de vulnérabilité, afin de calculer les indices. Les valeurs proches de 0 signifient une faible vulnérabilité, tandis que les valeurs proches de 1 dénotent une vulnérabilité élevée. Chaque variable a ensuite été divisée en classes en fonction de ses caractéristiques. Par exemple, la nature de la réponse a été divisée en deux (réponse oui ou non), trois, quatre, cinq et six classes selon les besoins. Avec un large soutien de la littérature, les classes ont été encadrées pour démontrer le degré de variation autant que possible. Dans les classes doubles, les valeurs étaient 0 et 1. Les indicateurs à trois classes ont reçu les valeurs 0,33, 0,66 et 1 ; pour quatre classes, les valeurs étaient de 0,25, 0,50, 0,75 et 1 ; pour cinq classes, les valeurs étaient de 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 et 1 ; et pour six classes, les valeurs étaient de 0, 0,83, 0,67, 0,5, 0,33 et 1. Ainsi, l'indice composite pour chaque composante se situait entre 0 et 1. L'analyse des indices de la vulnérabilité se fera suivant la classification proposée par Balica (2012) présenté dans le tableau 2.

Tableau 2 : Classification de la vulnérabilité d'un système aux inondations

Valeur de l'indice	Classification de la vulnérabilité	Descriptions
<0.01	Très faible vulnérabilité aux inondations	Très faible vulnérabilité aux inondations, la zone se rétablit rapidement, il existe des assurances contre l'inondation, le montant de l'investissement dans la zone est élevé
0.01 – 0.25	Faible vulnérabilité aux inondations	Sur le plan social, économique, environnemental et physique, la région peut de temps en temps souffrir d'inondations, la zone est vulnérable aux inondations et le processus de récupération est rapide en raison des mesures de résilience élevées, budget élevé, d'autre part si la zone est moins développée économiquement, même si une inondation survient, les dommages ne sont pas élevés, donc une faible vulnérabilité aux inondations
0.25 – 0.50	Vulnérabilité moyenne aux inondations	Sur le plan social, économique, environnemental et physique, la zone est vulnérable aux inondations, la zone peut récupérer en quelques mois en raison des processus de résilience moyens, le montant des investissements suffit.
0.50 – 0.75	Vulnérabilité élevée aux inondations	Sur le plan social, économique, environnemental et physique, la zone est vulnérable aux inondations, le processus de récupération est très lent, peu résistant, aucune organisation institutionnelle
0.75 – 1	Vulnérabilité très élevée aux inondations	Sur le plan social, économique, environnemental et physique, la zone est très vulnérable aux inondations, le processus de récupération est très lent, la zone se rétablira en années, le budget est très insuffisant.

Évaluation de la résilience des communautés

La résilience est généralement considérée comme « la capacité d'un système social ou écologique d'absorber des perturbations tout en maintenant la même structure de base et modes de fonctionnement, la capacité d'auto-organisation et la capacité d'adaptation au stress et changement » (GIEC, 2008). Cependant, sur la base des nouvelles connaissances sur les changements climatiques, Folke, et al. (2010) indique que la résilience signifie « agir pour transformer des communautés et des économies vers des configurations qui fonctionnent mieux sous un nouveau régime climatique dynamique ». Cette approche a permis de faire une analyse de la résilience en prenant en compte plusieurs composantes et d'anticiper sur les réponses des systèmes sociaux et écologiques aux aléas des changements climatiques.

C'est cette approche que nous avons choisie dans le cadre de cette étude. À cet effet, pour mesurer la résilience des populations face aux changements climatiques, nous avons utilisé l'outil « GOAL and Résilience: ARC-D Toolkit », une boîte à outils pratiques développée par une organisation d'aide internationale, GOAL (www.goalglobal.org), que nous avons

adapté au contexte des inondations dans la ville de Ziguinchor. Cet outil est destiné à mesurer la résilience des communautés aux catastrophes à travers une large gamme de composantes de la résilience (Clark-Ginsberg, *et al.*, 2020 ; Chisty, *et al.*, 2022 ; Islam *et al.*, 2022). Ces composantes couvrent plusieurs domaines thématiques clés (Gestion des risques de catastrophe, Éducation, Économie, Environnement, Gouvernance politique, Santé, Infrastructure, Société/Culture). Cette deuxième partie de l'enquête a évalué le niveau de résilience de la communauté face au scénario de risque choisi en fonction des 30 éléments clés (cf. Tableau 3). Cela s'est fait par le biais d'une discussion guidée avec un groupe de discussion représentatif de tous les secteurs et acteurs clés de la communauté. Pour faciliter la discussion, le facilitateur utilise les 30 questions clés, chacune explorant une composante de résilience particulière, regroupée sous quatre domaines thématiques alignés sur le cadre Sendai 2015-30 pour la RRC : 1) Comprendre les risques de catastrophe ; 2) Renforcer la gouvernance pour gérer les risques de catastrophe ; 3) Réduire la vulnérabilité aux catastrophes pour la résilience ; et 4) Améliorer la préparation aux catastrophes pour une réponse efficace et pour « reconstruire en mieux » dans le cadre du relèvement (Tableau 3).

Tableau 3 : Gamme de composantes et scores de mesure de la résilience de la boîte à outils ARC-D (Source : Clark-Ginsberg, et al., 2020 ; Islam et al., 2022)

Domaines thématiques	Composants de résilience aux catastrophes				
Priorité 1 : Comprendre les risques de catastrophe	1. Évaluation communautaire participative des risques				
	2. Évaluation technique/scientifique des risques				
	3. Diffusion des informations RRC				
	4. Éducation des enfants sur la RRC				
Priorité 2 : Renforcer la gouvernance pour gérer les risques de catastrophe	5. RRC dans la planification du développement				
	6. Aménagement du territoire				
	7. Prise de décision communautaire				
	8. Inclusion des groupes vulnérables				
	9. Participation des femmes				
	10. Sensibilisation aux droits et plaidoyer				
Priorité 3 : Réduire la vulnérabilité aux catastrophes pour la résilience	11. Partenariats pour la RRC et le relèvement				
	12. Gestion environnementale durable				
	13. Sécurité et gestion de l'eau				
	14. Accès à la santé et sensibilisation				
	15. Approvisionnement alimentaire sûr et nutritif				
	16. Pratiques de subsistance résistantes aux aléas				
	17. Accès au marché				
	18. Accès aux services financiers				
	19. Protection des revenus et des actifs				
	20. Protection sociale				
	21. Cohésion sociale et prévention des conflits				
	22. Infrastructures critiques				
	23. Logement				
Priorité 4 : Améliorer la préparation aux catastrophes pour une réponse efficace et pour « mieux reconstruire » dans le cadre du relèvement, de la réhabilitation et de la reconstruction	24. Planification d'urgence et de rétablissement				
	25. Système d'alerte précoce				
	26. Capacités de préparation et de réponse				
	27. Services de santé en cas d'urgence				
	28. Services éducatifs en cas d'urgence				
	29. Infrastructures d'urgence				
	30. Leadership et volontariat dans la réponse et le rétablissement				
Score de mesure					
Score	1	2	3	4	5
Description	Résilience minimale	Faible résilience	Résilience moyenne	Résilience	Forte Résilience

L'outil a été utilisé dans plusieurs régions du monde avec des communautés rurales et urbaines. En Afrique, il a été appliqué au Malawi, en Éthiopie, au Sénégal, dans des zones rurales sujettes aux inondations et à la sécheresse.

Chacune de ces 30 composantes contient cinq « caractéristiques de résilience aux catastrophes » potentielles (c'est-à-dire cinq réponses potentielles à la question clé de la composante), qui sont placées sur une échelle de classement ascendante allant de 1 à 5, correspondant aux cinq niveaux de résilience aux catastrophes de la communauté. Dans cette échelle, un niveau 1 indique une résilience minimale et vaut 1 point, tandis qu'un niveau 5 indique une forte résilience et vaut 5 points. Les réponses enregistrées illustreront la résilience de la communauté pour chaque composante. Pour déterminer la catégorie de résilience dans le domaine, la médiane des différentes composantes du domaine sera utilisée (Tableau 4).

Tableau 4 : Échelle d'évaluation de la résilience (Source : Clark-Ginsberg, *et al.*, 2020 ; Islam *et al.*, 2022)

%	Échelle	CATÉGORIE	DESCRIPTION
0-30 (0-45 points)	1	Résilience Minimale	Faible prise de conscience du problème/des problèmes ou faible motivation pour les aborder. Action limitée à la réponse à la crise.
31-50 (46-75 points)	2	Faible Résilience	Prise de conscience du/des problème(s) et volonté de les aborder. Capacité d'action (connaissance et compétences, ressources humaines, matérielles et autres) limitée. Les interventions ont tendance à être uniques, par à coup et à court terme.
51-70 (76-105 points)	3	Résilience moyenne	Développement et mise en œuvre des solutions. Amélioration de la capacité d'action qui demeure importante. Les interventions sont plus nombreuses et à long terme.
71-90 (106-135 points)	4	Résilience	Cohérence et intégration. Les interventions sont étendues et couvrent tous les principaux aspects du problème et elles sont liées dans une stratégie cohérente à long terme.
91-100 (136-150 points)	5	Résilience forte	Tous les acteurs ont une « culture de la sécurité » dans laquelle la réduction des risques climatiques est intégrée ainsi que les volets pertinents de politique, de planification, de mise en œuvre, d'attitudes et de comportements.

Résultats

Informations démographiques des répondants

Selon les résultats de l'enquête, le rapport hommes/femmes était de 0,84 (45,61% des personnes interrogées sont des hommes soit un nombre de 156), alors que la composition des groupes d'âge était respectivement de 16,96 % (pour 20-29 ans), 22,22 % (pour 30-39 ans), 27,49 % (pour 40-49 ans), 18,13 % (pour 50-59 ans) et 15,2 % (pour 60 ans et plus) (Tableau 5). Les femmes ont davantage répondu, peut-être en raison de leur présence fréquente dans les foyers, selon la structure socio-économique du Sénégal. Cependant, l'âge moyen des participants (n=342) était de 43,73 ans, bien que le Sénégal soit un pays qui bénéficie du dividende de la jeunesse. Six quartiers ont été choisis dans l'échantillon avec une prédominance des quartiers de Kandialang-Est et Coboda qui représentent respectivement 33,92 et 30,41% des personnes interrogées, du fait de leur poids démographique. Ils sont suivis de Boudody-Escale avec 16,37%, Diéfaye avec 10,23%, Cobitène avec 5,26% et Belfort avec 3,8%. Un total de 25,44 % des personnes interrogées étaient des analphabètes, et constituent le groupe le plus vulnérable aux inondations. Les personnes interrogées qui ont un niveau d'instruction supérieur qui représentait 10,87% de l'échantillon sont aussi bien représentées. Les personnes interrogées restantes avaient un niveau d'instruction allant du primaire (19,01%), du moyen (19,01%) et du secondaire (18,71%), alors que 7,02% ont été alphabétisées.

Les Diolas dominent dans l'échantillon avec 40,35%, suivis des Pulaars (avec 24,85%) et des Mandingues (avec 14,91%), ce qui est avec phase avec la composition de la population de la région de Ziguinchor où les Diolas sont majoritaires avec 57,8%, suivis des Mandingues

(11,10%), des Pulaars (10,5%), des Ouolofs (3,9%), des Manjacks (3,5%), des Ballantes (2,9%), des Sérères (2,70%) et des Mancagnes (2,4%) (ANSD, 2014). La plupart (avec 47,08%) des personnes interrogées avaient des familles dont la taille variait entre 6 et 9 personnes, contre 37,72% avec une taille supérieure à 10 personnes et 15,20% avec une taille inférieure à 5 personnes. Les personnes interrogées étaient généralement propriétaires de la maison habitée où elles habitent (74,56%) et 20,47 étaient des locataires. Pour les revenus mensuels, 42,4% des personnes interrogées touchent un salaire inférieur à 125 000 FCFA, 30,7% entre 125 000 et 250 000 FCFA, 11,99% entre 250 000 et 400 000 FCFA et seulement 2,92% entre 400 000 et 500 000 FCFA.

Tableau 5 : Situation socioéconomique des personnes interrogées

Quartiers	N	%	Sexe	N	%	Taille de la famille	N	%
Kandialang-Est	116	33.92	Femme	185	54.09	>10	129	37,72
Coboda	104	30.41	Homme	156	45.61	6-9	161	47,08
Boudody-Escale	56	16.37	Total obs.	342	100	<5	52	15,20
Diéfaye	35	10.23				Total obs.	342	100
Cobitène	18	5.26	Âge	N	%			
Belfort	13	3.8	20-29	58	16,96	Niveau d'instruction	N	%
Total obs.	342	100	30-39	76	22,22	Analphabète	87	25,44
			40-49	94	27,49	Alphabétisé	24	7,02
Ethnies	N	%	50-59	62	18,13	Primaire	65	19,01
Diola	138	40,35	60 et +	52	15,2	Moyen	65	19,01
Peul	85	24,85	Total obs.	342	100	Secondaire	64	18,71
Mandingue	51	14,91				Diplômé (université)	37	10,82
Manjaque	15	4,39	Revenus mensuels	N	%	Total obs.	342	100
Balante	15	4,39	<125 000	145	42,4			
Serere	12	3,51	125 000 à 250 000	105	30,7	Statut de la maison	N	%
Wolof	9	2,63	250 000-400 000	41	11,99	Propriétaire	255	74,56
Mankagne	3	0,88	400 000 à 500 000	10	2,92	Locataire	70	20,47
Autre	14	4,09	Non réponse	41	11,99	Autre	17	4,97
Total obs.	342	100	Total obs.	342	100	Total obs.	342	100

(Source : Enquête, 2022)

Perceptions sur les causes des inondations

Les causes des inondations à Ziguinchor sont perçues de manière très diversifiée par les populations. La Figure 2 montre que l'insuffisance du réseau de drainage (citée par 73,1% des ménages interrogés), les fortes pluies (selon 49,42% des ménages interrogés) et les habitations en zone inondable (selon 43,27% des ménages interrogés) dont les proportions des réponses venant des 342 ménages interrogés dépassant 40% constituent les causes majeures des inondations à Ziguinchor perçues par les populations. Elles sont suivies par les eaux de plus venant du bassin versant (selon 27,78%), l'urbanisation non maîtrisée (selon 22,81%), l'occupation anarchique du sol (selon 17,25%), la stagnation des eaux de pluie (selon 14,62%), le changement climatique (selon 12,57%), l'évolution des constructions vers les zones basses (selon 10,53%) sont perçus comme des causes secondaires des inondations à Ziguinchor. Enfin, le positionnement de la ville dans une cuvette, le comblement des marigots et du fleuve Casamance et le maraîchage autour des marigots avec des proportions de réponses respectives des enquêtes de 6,14%, 2,34% et 1,75%, sont perçus comme des causes tertiaires des inondations à Ziguinchor.

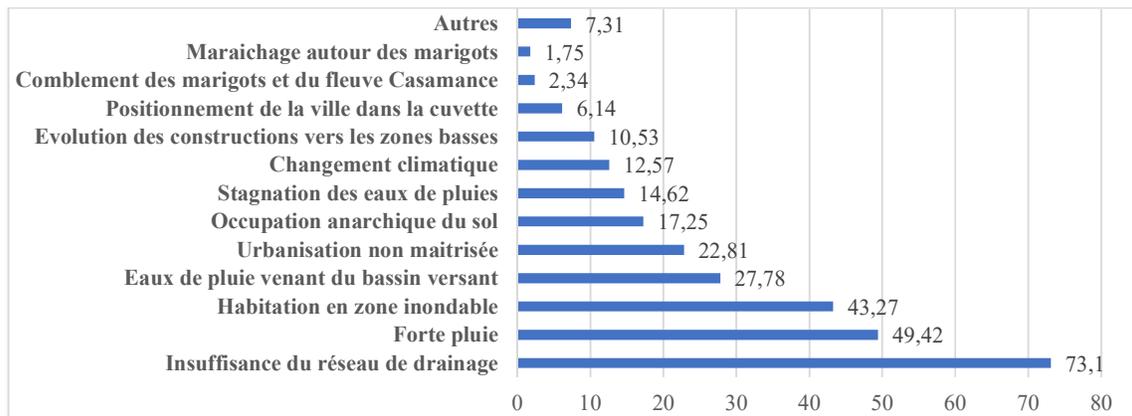


Figure 2 : Perception sur les causes des inondations par les populations dans la ville de Ziguinchor (Source : Enquête, 2022)

Au-delà de ces différentes causes, d'autres sont indiquées par les personnes interrogées (à hauteur de 7,31%). Il s'agit, entre autres, de la convergence des eaux de ruissellement vers des quartiers, le caractère superficiel de la nappe, l'occupation d'anciennes rizières, l'aménagement anarchique et inadéquat, la présence de caniveaux mal aménagés et l'absence de canalisation. Les personnes interrogées ont signalé à hauteur de 86,84% l'insuffisance des caniveaux pour drainer les eaux de pluie vers le fleuve et 72,81% de leur mauvais fonctionnement, seuls 5,26% et 13,74% ont indiqué leur caractère suffisant et leur fonctionnement normal. Selon les personnes interrogées, le mauvais fonctionnement des caniveaux en période de pluies est dû à l'ensablement, le remblaiement, la mauvaise construction, la saturation, l'absence d'entretien, le sous-dimensionnement, l'absence de curage et leur transformation en dépotoirs d'ordures.

Perceptions sur les manifestations et les impacts des inondations

La Figure 3 présente les caractéristiques des impacts des inondations dans la ville de Ziguinchor, selon la perception des populations. En effet, 2,34 %, 33,04 %, 41,81 %, 3,51 % et 19,3 % des personnes interrogées ont indiqué que les inondations peuvent entraîner respectivement des impacts graves (pertes de vies humaines), des impacts élevés (susceptibles de causer des décès même si aucun cas de perte de vie humaine n'a encore été enregistré), des impacts moyens, des impacts à peine perceptibles et des impacts faibles.

La Figure 4 montre les différents types d'impacts subis par les populations de la ville de Ziguinchor lors des inondations. Parmi les ménages interrogés, les autres éléments à risque touchés, en dehors des humains, sont les meubles et les matériels, les maisons, les vivres, les animaux et les activités économiques. En effet, selon les ménages interrogés, les dégâts causés par les inondations dans leur quartier incluent des maisons fissurées (selon 85,96 % des enquêtés), des maisons détruites (74,27 %), des meubles endommagés (55,26 %), des activités paralysées (47,66 %), des vivres détruits (22,22 %), des infrastructures détruites (16,96 %) et des pertes de vies animales (15,79 %).

Les autres activités économiques les plus affectées ou exposées, selon les personnes interrogées, sont l'apprentissage du Coran, la mécanique, la maçonnerie, l'aviculture, le transport, la menuiserie, etc. De plus, en ce qui concerne les types de maisons touchées par les inondations, 92,4 % des ménages interrogés ont indiqué que les maisons construites en banco ou en brique de terre ont subi des dommages partiels ou complets, contre 64,62 % et 28,36 % des maisons construites respectivement en semi-dur (enduit en ciment sur brique en terre) et en dur (matériaux définitifs), généralement concentrées dans la zone lotie.

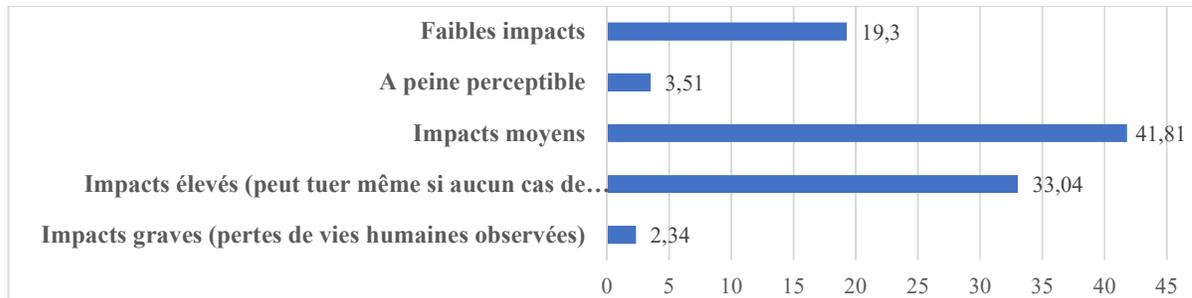


Figure 3 : Perception sur le caractère des impacts des inondations par les populations dans la ville de Ziguinchor (Source : Enquête, 2022)

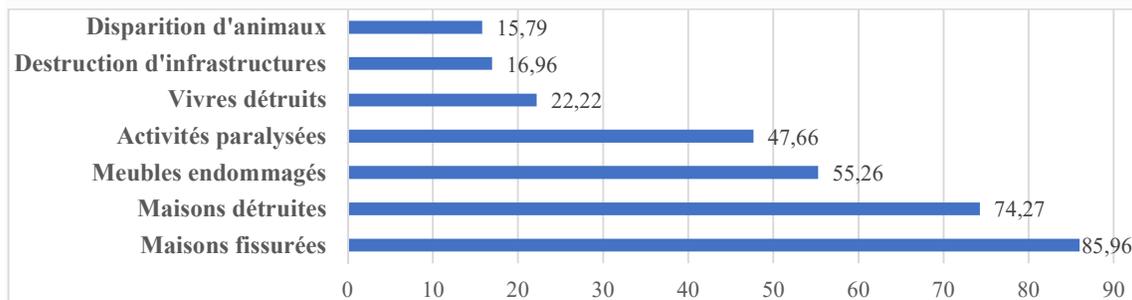


Figure 4 : Perception sur les dégâts occasionnés par les inondations dans leur quartier par les populations dans la ville de Ziguinchor (Source : Enquête, 2022)

Ainsi les populations interrogées, ont bien apprécié le niveau de risque actuel et futur d'inondation dans leur quartier, en indiquant un risque très élevé pour le présent (à 20,76%) et dans le futur (à 38,6%), élevé pour le présent (à 46,78%) et dans le futur (à 35,67%), moyen pour le présent (à 21,64%) et dans le futur (à 15,79%), faible pour le présent (à 8,77%) et dans le futur (à 7,89%) et très faible pour le présent (à 2,05%) et dans le futur (à 1,17%) (Figure 5)

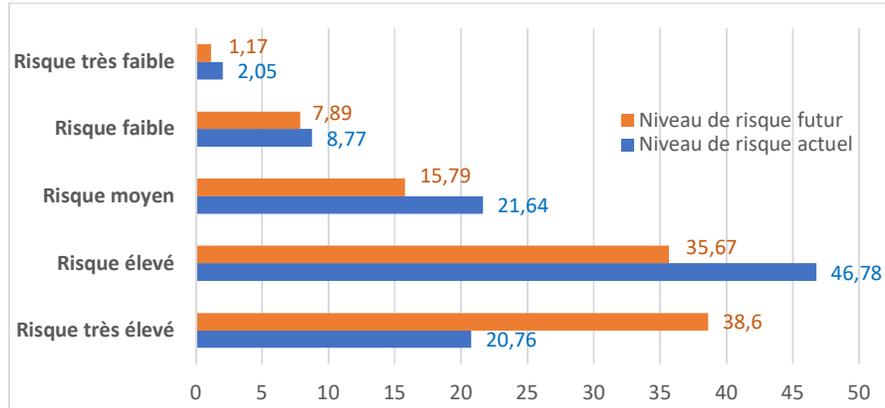


Figure 5 : Perceptions des populations sur le niveau de risque actuel et futur d'inondation dans leur quartier dans la ville de Ziguinchor (Source : Enquête, 2022)

Indices de vulnérabilité

Les indices pour chaque dimension ont été calculés en utilisant la méthodologie décrite dans la section précédente. Des tests statistiques ont été effectués pour comprendre le niveau de différence dans chaque dimension. Les résultats pour chaque dimension sont décrits séparément, suivis d'une explication globale de la vulnérabilité multidimensionnelle (Tableau 6).

Tableau 6 : Statistiques de vulnérabilité multidimensionnelle aux inondations urbaines dans les six quartiers

Catégories	Coboda	Cobitène	Kandialang-Est	Diéfaye	Boudody-Escale	Belfort	Moyenne
Vulnérabilité sociale	0,66	0,63	0,78	0,69	0,72	0,80	0,71
Vulnérabilité physique	0,58	0,61	0,65	0,58	0,71	0,73	0,61
Vulnérabilité économique	0,72	0,74	0,79	0,74	0,68	0,81	0,75
Vulnérabilité environnementale	0,77	0,71	0,74	0,72	0,57	0,66	0,72
Vulnérabilité institutionnelle	0,91	0,88	0,95	0,88	0,95	0,95	0,92
Vulnérabilité attitudinale	0,57	0,54	0,61	0,58	0,64	0,36	0,56
Vulnérabilité multidimensionnelle	0,70	0,68	0,75-	0,70	0,71	0,72	0,71
Classification de la vulnérabilité	Très faible vulnérabilité	Faible vulnérabilité	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité élevée	Vulnérabilité très élevée		

Vulnérabilité sociale, physique, économique, environnementale, institutionnelle et attitudinale

L'indice de vulnérabilité sociale des ménages variait de 0,25 à 0,98 dans la communauté de Coboda, de 0,11 à 1 dans la communauté de Cobitène, de 0,30 à 0,99 dans la communauté de Kandialang-Est, de 0,34 à 1 dans la communauté de Diéfaye, de 0,41 à 0,96 dans la communauté de Boudody-Escale et de 0,15 à 1 dans la communauté de Belfort, avec une valeur moyenne de 0,66, 0,63, 0,78, 0,69, 0,72 et 0,80 dans les six sites d'étude, respectivement. En termes de vulnérabilité sociale globale, une différence significative ($t = 26,144$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) a été observée pour une valeur moyenne de 0,71 (Tableau 6). Environ 47,9, 14,4 et 13,5 % des ménages interrogés étaient très vulnérables, vulnérables et moyennement vulnérables, respectivement. La plus grande vulnérabilité de la communauté de Ziguinchor peut être attribuée aux expériences passées limitées des ménages et au fait que la plupart des familles avaient récemment emménagé dans des maisons construites dans la zone sujette aux inondations.

L'indice de vulnérabilité physique des ménages variait de 0,39 à 0,96 dans la communauté de Coboda, de 0,43 à 0,78 dans la communauté de Cobitène, de 0,39 à 0,96 dans la communauté de Kandialang-Est, de 0,26 à 0,80 dans la communauté de Diéfaye, de 0,29 à 0,95 dans la communauté de Boudody-Escale et de 0,35 à 1 dans la communauté de Belfort. La valeur moyenne de la vulnérabilité physique est de 0,58 à Coboda, 0,61 à Cobitène, 0,65 à Kandialang-Est, 0,58 à Diéfaye, 0,71 à Boudody-Escale et 0,73 à Belfort. En ce qui concerne la vulnérabilité physique globale, une différence significative ($t = 24,239$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) a également été observée entre les six communautés pour une moyenne de 0,61 (Tableau 6). Dans les quartiers d'enquête, 42,4, 13,3 et 16,2 % des ménages interrogés étaient très vulnérables, vulnérables et moyennement vulnérables, respectivement. La plupart des ménages des quartiers d'enquête habitent dans

des zones périphériques où ils jouissaient d'un accès faible aux commodités physiques et infrastructurelles.

L'indice de vulnérabilité économique des ménages variait de 0,56 à 0,93 dans la communauté de Coboda, de 0,57 à 1 dans la communauté de Cobitène, de 0,62 à 0,92 dans la communauté de Kandialang-Est, de 0,59 à 0,89 dans la communauté de Diéfaye, de 0,54 à 0,79 dans la communauté de Boudody-Escale et de 0,43 à 1 dans la communauté de Belfort. La valeur moyenne de la vulnérabilité économique est de 0,72 à Coboda, 0,74 à Cobitène, 0,79 à Kandialang-Est, 0,74 à Diéfaye, 0,68 à Boudody-Escale et 0,81 à Belfort. En termes de vulnérabilité économique globale, une différence significative ($t = 38,759$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) a également été observée entre les six communautés pour une valeur moyenne de 0,75. (Tableau 6). Dans les communautés de Ziguinchor, environ 36,3 % des ménages interrogés étaient économiquement très vulnérables, tandis qu'environ 4,0 % et 19,4 % des ménages avaient une vulnérabilité très faible et faible, respectivement. Le quartier de Kandialang-Est avait une vulnérabilité la plus importante des six quartiers. Cela est dû au fait que le nombre de membres salariés et de propriétaires de maisons/terres était plus faible dans cette communauté.

L'indice de vulnérabilité environnementale des ménages variait de 0,35 à 1,0 dans la communauté de Coboda, de 0,28 à 1,0 dans la communauté de Cobitène, de 0,43 à 1,0 dans la communauté de Kandialang-Est, de 0,46 à 1,0 dans la communauté de Diéfaye, de 0,16 à 1,0 dans la communauté de Boudody-Escale et de 0 à 1,0 dans la communauté de Belfort, avec une valeur moyenne de 0,77, 0,71, 0,74, 0,72, 0,57 et 0,66 dans les six sites d'étude, respectivement.

En ce qui concerne la vulnérabilité environnementale globale, une différence significative ($t = 23,909$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) a été observée entre les six communautés (Tableau 6) pour une valeur moyenne de 0,56. Environ 44,4 et 8,7 % des ménages interrogés étaient très vulnérables et vulnérables, respectivement.

L'indice de vulnérabilité institutionnelle des ménages est le plus élevé des indices, Il variait de 0,81 à 1,0 dans la communauté de Coboda, de 0,73 à 0,96 dans la communauté de Cobitène, de 0,83 à 1,0 dans la communauté de Kandialang-Est, de 0,83 à 0,96 dans la communauté de Diéfaye, de 0,88 à 1,0 dans la communauté de Boudody-Escale et de 0,82 à 1,0 dans la communauté de Belfort. La valeur moyenne était de 0,91 à Coboda, 0,88 à Cobitène, 0,95 à Kandialang-Est, 0,88 à Diéfaye, 0,95 à Boudody-Escale et 0,95 à Belfort. En termes de vulnérabilité institutionnelle globale, une différence significative ($t = 65,054$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) a été observée entre les six zones d'étude avec une valeur moyenne de 0,92 (Tableau 6). La vulnérabilité la plus élevée a été observée dans la communauté de Kandialang-Est, Boudody-Escale et Belfort où 55, 6, 62,5 et 100 % des ménages interrogés étaient très vulnérables, respectivement. Dans la zone de Ziguinchor où 62,5,7% des ménages sont très vulnérables, les institutions ne diffusaient pas activement les plans et protocoles d'urgence, augmentant ainsi la vulnérabilité de la métropole.

La valeur de l'indice de vulnérabilité attitudinale des ménages variait de 0,41 à 0,99 dans la communauté de Coboda, de 0,34 à 1,0 dans la communauté de Cobitène, de 0,57 à 0,66 dans la communauté de Kandialang-Est, de 0,43 à 0,86 dans la communauté de Diéfaye, de 0,52 à 0,91 dans la communauté de Boudody-Escale et de 0,15 à 0,48 dans la communauté de Belfort, avec une valeur moyenne de 0,57, 0,54, 0,61, 0,58, 0,64 et 0,36 dans les six sites d'étude, respectivement. En ce qui concerne la vulnérabilité globale des attitudes, une différence significative ($t = 13,581$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%)

a été observée entre les six communautés (Tableau 6) pour une valeur moyenne de 0,56. Dans la communauté de, Ziguinchor, environ 38,2 % des ménages enquêtés ont été jugés très vulnérables. Environ 15,6 % et 21,1 % des ménages avaient une vulnérabilité élevée et moyenne, respectivement. Les ménages nouvellement migrés dans la communauté de n'ont pas été confrontés aux inondations, leur perception du risque était donc médiocre, par rapport aux deux autres sites d'étude. Dans l'ensemble, en ce qui concerne la vulnérabilité comportementale, environ 41,2 % des ménages interrogés étaient très vulnérables.

Vulnérabilité multidimensionnelle

Les résultats des sections précédentes mettent en évidence les six dimensions de la vulnérabilité et soulignent la myriade de facteurs qui affectent ces dimensions. Différentes dynamiques influencent la vulnérabilité aux inondations dans les six sites urbains. Ces différents quartiers sont sujets aux inondations pluviales. Le degré de vulnérabilité multidimensionnelle globale aux inondations de manière significative ($t = 73,492$ et valeur $p < 0,0001$ pour un niveau de confiance de 95%) variait entre les sites d'étude dans les six quartiers urbains (Figure 6). À Ziguinchor, environ 45,3 % des ménages interrogés étaient très vulnérables, tandis que 13,7 % avaient une vulnérabilité très faible.

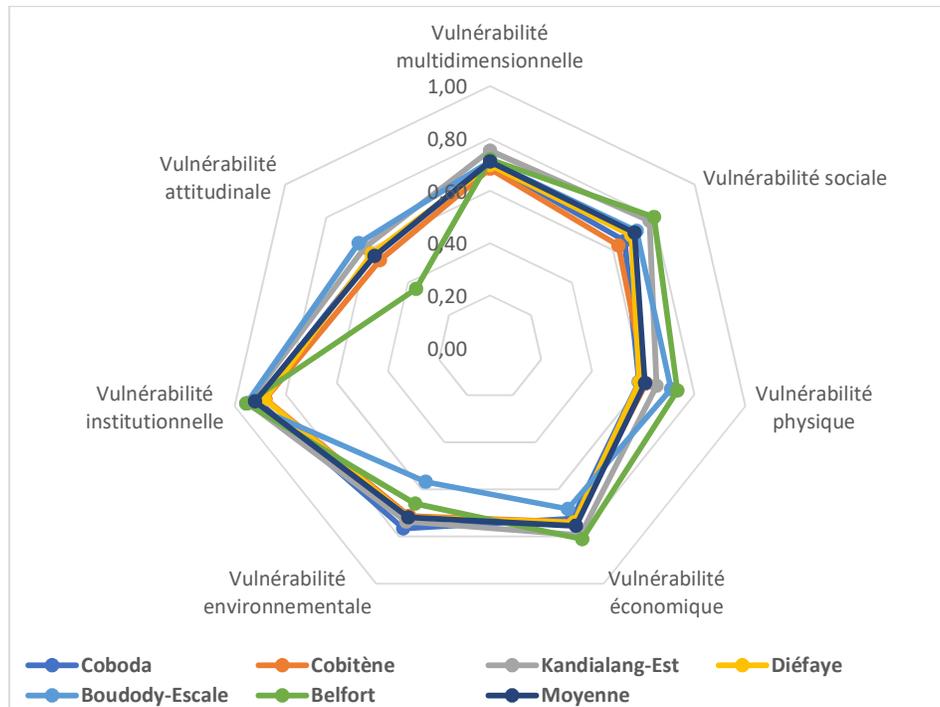
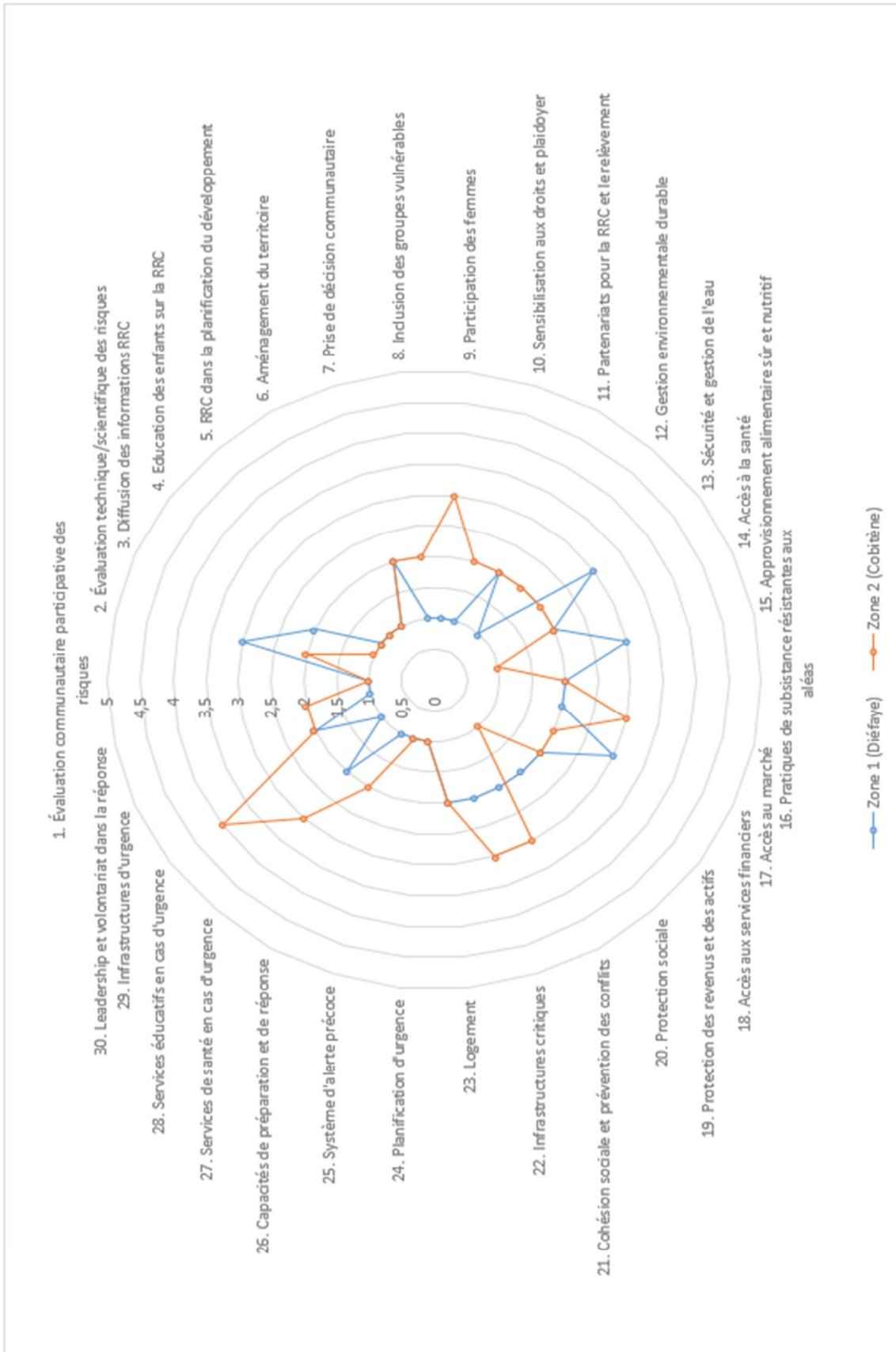


Figure 6 : Vulnérabilité multidimensionnelle aux inondations urbaines dans la ville de Ziguinchor (Source : Enquête, 2022)

La Figure 6 révèle des informations intéressantes sur chaque dimension de la vulnérabilité, grâce à des valeurs d'indice moyennes. De légères variations ont été observées dans la vulnérabilité sociale, économique et physique entre les six sites d'étude. La variation était beaucoup plus prononcée en termes de vulnérabilité attitudinale et environnementale. Sauf dans la dimension de la vulnérabilité physique, les ménages enquêtés du site d'étude de Kandialang-Est étaient les plus vulnérables dans toutes les autres dimensions de la vulnérabilité (pour une vulnérabilité multidimensionnelle moyenne de 0,75). Les ménages enquêtés du site d'étude de Cobitène étaient les moins vulnérables dans toutes les dimensions (pour une vulnérabilité multidimensionnelle moyenne de 0,68). La vulnérabilité économique et institutionnelle était beaucoup plus élevée que les autres dimensions de la vulnérabilité, signifiant la pauvreté et la mauvaise perception des risques des résidents et la méfiance entre les communautés et les institutions de gestion des catastrophes. Globalement, la vulnérabilité multidimensionnelle moyenne était plus ou moins la même pour les six communautés urbaines (de 0,68 à Cobitène à 0,74 à Kandialang-Est) et reste élevée avec une valeur de 0,71, ce qui correspond à une vulnérabilité élevée. Ces résultats montrent qu'il est absolument nécessaire de lancer des campagnes de sensibilisation et de concevoir des stratégies de communication sur les risques pour améliorer la perception des risques d'inondation par les communautés et engager les institutions locales auprès des communautés pour mettre en œuvre efficacement des stratégies de réduction des risques de catastrophe.

Niveau de résilience communautaire

Il existe une relation, bien que non significative, entre les composantes et les zones d'étude (valeur $p = 0,624$ pour un niveau de confiance de 95%). La relation indique que le niveau de résilience diffère selon les zones d'étude. En raison des vulnérabilités sociales, physiques, économiques, environnementales, institutionnelles et attitudinales, les zones d'étude ont atteint un niveau de résilience différent dans chaque composante avec un score moyen de résilience de 52 à Diéfaye et 58 à Cobitène (Figure 7). La somme des scores obtenus pour les quatre priorités est la suivante : 7 et 5 pour la Priorité 1 (comprendre les risques de catastrophe) ; 9 et 13 pour la Priorité 2 (renforcer la gouvernance pour la gestion des risques de catastrophe) ; 26 et 25 pour la Priorité 3 (réduire la vulnérabilité aux catastrophes afin de renforcer la résilience) ; 10 et 15 pour la Priorité 4 (améliorer la préparation aux catastrophes pour une réponse efficace et une reconstruction optimale après le relèvement, la réhabilitation et la reconstruction), respectivement dans les quartiers de Diéfaye et Cobitène. Le score du niveau de résilience communautaire indique que chaque zone d'étude présente un faible niveau de résilience globale. Bien que les communautés soient conscientes des problèmes dans leurs quartiers et aient entrepris certaines actions pour les résoudre, ces mesures ne constituent que des solutions à court terme.



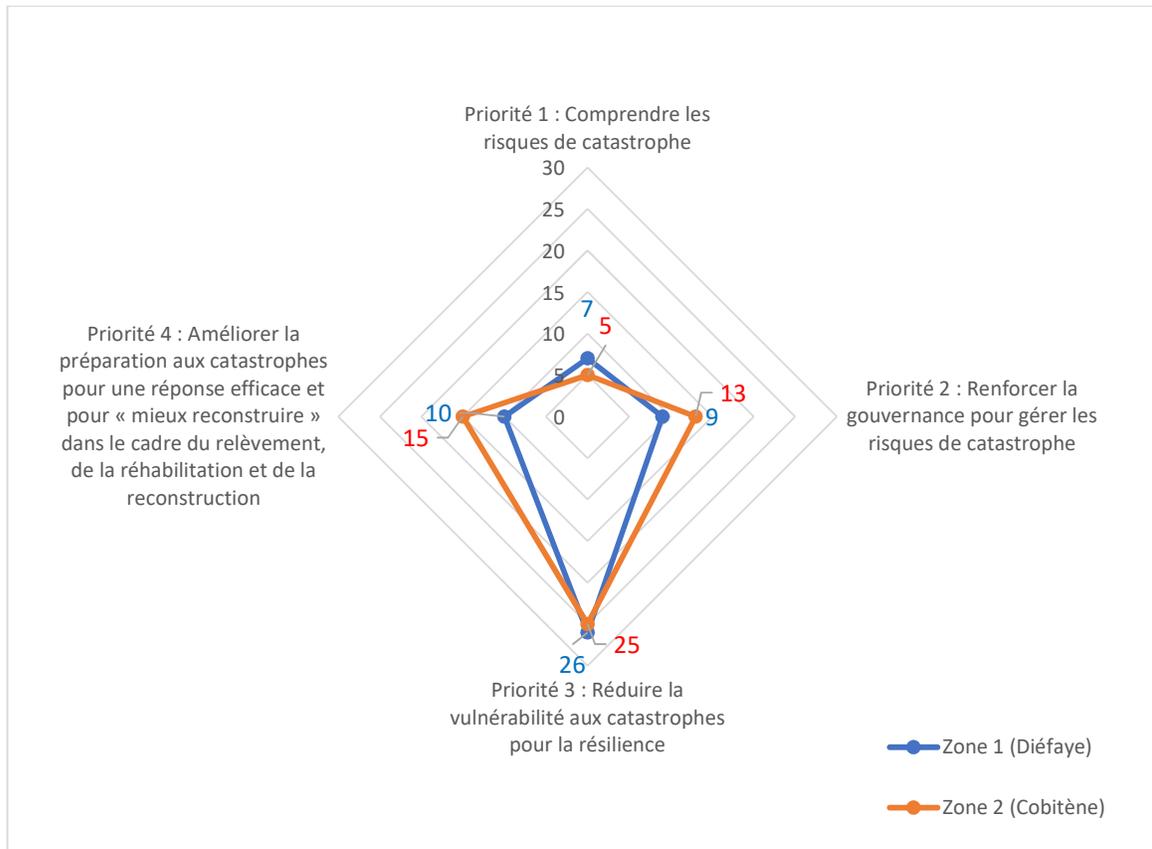


Figure 7 : Niveau de résilience de la communauté (basé sur les priorités du SFDRR)

Discussion

Les principaux résultats ont montré des niveaux de vulnérabilité multidimensionnelle, non seulement similaires pour les six communautés urbaines (allant de 0,68 à Cobitène à 0,74 à Kandialang-Est) mais élevés avec une moyenne de 0,71. De plus, la somme des scores obtenus pour les quatre priorités est de 52 à Diéfaye et de 58 à Cobitène, indiquant un faible niveau de résilience communautaire dans la zone d'étude. Bien que les communautés soient conscientes des défis présents dans leurs quartiers et aient entrepris certaines actions pour y faire face, ces initiatives restent limitées à des solutions à court terme.

Les résultats de cette étude sont similaires à d'autres études, suggérant que les répondants plus instruits semblaient mieux à même de réduire la vulnérabilité en termes d'utilisation de l'information (Hahn et al., 2009 ; Bashier Abbas et Routray, 2014 ; Thouret et al., 2014 ; Gain et al., 2015 ; Rana et al., 2018), telle que les alertes précoces. Ces études ont révélé que l'éducation peut aider les individus à remplir leur rôle de chef de famille et à renforcer leur confiance pour obtenir le soutien des agences de développement. Par conséquent, dans ce cas, les chefs de ménage instruits ont une capacité d'analyse accrue et peuvent gérer le ménage plus efficacement. Les entretiens avec des informateurs clés menés dans cette étude ont également souligné que la participation des femmes aux activités

communautaires reste très limitée, ce qui nécessite une révision des processus de sélection pour garantir une participation plus équilibrée et significative.

Bien que la littérature sur les risques de catastrophe ait identifié, et que des chercheurs aient exploré, plusieurs dimensions de la vulnérabilité, un cadre unifié pour une approche multidimensionnelle complète reste manquant, notamment en ce qui concerne l'intégration de la dimension comportementale de la vulnérabilité. Parmi les dimensions les plus cruciales, les vulnérabilités sociales et économiques sont les plus largement étudiées, comme en témoigne une riche littérature (Cutter et al. 2003 ; IPCC 2012). Une analyse approfondie de chaque dimension de la vulnérabilité est essentielle pour mettre en place des stratégies efficaces de réduction des risques de catastrophe (Fuchs et al. 2012 ; López-Martínez et al., 2017).

Ces études ont révélé que l'éducation peut aider les individus à remplir leur rôle de chef de famille et à renforcer leur confiance pour obtenir le soutien des agences de développement. Par conséquent, dans ce cas, les chefs de ménage instruits ont une capacité d'analyse accrue et peuvent gérer le ménage plus efficacement. En outre, les entretiens ont également révélé que la notion de résilience est liée à l'idée de « mieux reconstruire ». La résilience communautaire dépend de la capacité de la communauté, qui aide à absorber tout choc et à faire face à la nouvelle situation. Après toute catastrophe, les communautés doivent se concentrer sur le renforcement de leur capacité à faire face à des catastrophes similaires à l'avenir. Si une communauté peut répondre efficacement à toute catastrophe et se remettre des effets dans les plus brefs délais, cette communauté sera identifiée comme résiliente.

L'évaluation de la vulnérabilité constitue un élément essentiel des recherches sur l'adaptation au changement climatique et la gestion des risques liés aux catastrophes naturelles (Wisner et al., 2004 ; Adger 2006 ; IPCC, 2012 ; Birkmann et al., 2013). De nombreux chercheurs ont examiné la vulnérabilité sous divers angles, notamment la vulnérabilité sociale (Cutter et al. 2003 ; Wisner et al., 2004 ; Yoon, 2012), physique (Thouret et al., 2014 ; Papathoma-Köhle et al., 2017), économique (Briguglio 1995 ; Willroth et al., 2011), institutionnelle (López-Martínez et al., 2017), ainsi que la vulnérabilité des moyens de subsistance (Hahn et al., 2009).

Certains chercheurs ont inféré la vulnérabilité à partir des tendances historiques de dommages économiques et des pertes futures possibles (Hallegatte et al., 2013). Cependant, un défi majeur dans l'évaluation de la vulnérabilité réside dans la nécessité d'intégrer les différentes composantes, dimensions et méthodologies provenant de disciplines variées (Schröter et al., 2005 ; Polsky et al., 2007 ; Fuchs et al., 2012). À ce jour, il n'existe pas de méthodologie unique et standardisée pour évaluer les multiples aspects de la vulnérabilité (Mazumdar et Paul, 2016). Cette étude se propose d'examiner plusieurs facettes de la vulnérabilité et met l'accent sur le développement d'une méthode d'évaluation multidimensionnelle, testée dans des zones urbaines sujettes aux inondations au Sénégal.

Conclusion

Cette étude soutient que la vulnérabilité aux inondations urbaines ou à tout autre aléa ne doit pas être traitée comme une entité unique, mais plutôt comme une composition de facteurs sociaux, économiques, physiques, environnementaux, institutionnels et comportementaux, et propose un modèle multidimensionnel pour mesurer la vulnérabilité. L'étude fournit une méthodologie claire et utile, qui peut mesurer de manière exhaustive le degré dimensionnel et agrégé de vulnérabilité. Il s'agit d'une méthode simple,

facile et rapide à utiliser, qui peut être utilisée par des experts en risques de catastrophe, quelle que soit leur formation professionnelle. Le modèle aide non seulement à identifier les populations les plus vulnérables, mais également les dimensions exactes qui les rendent vulnérables. La valeur de l'indice pour chaque indicateur peut aider à identifier les facteurs sous-jacents responsables d'une augmentation de la vulnérabilité et peut aider à mettre en évidence un plan d'action pertinent pour la gestion des catastrophes. Cela peut aider les institutions locales à formuler des plans d'urgence et de relèvement, des campagnes de sensibilisation et des stratégies de réduction des risques de catastrophe, adaptés à chaque dimension de vulnérabilité. Utilisant une conception d'échantillonnage ajustée, cette méthodologie flexible et robuste peut être utilisée à différentes échelles spatiales, urbaines ou rurales, et peut également être utilisée dans le contexte d'autres risques naturels en rationalisant les indicateurs spécifiques aux catastrophes. En fonction de la disponibilité des données, davantage d'indicateurs peuvent être inclus ou exclus dans les dimensions de la vulnérabilité, pour mieux refléter les besoins locaux. Cette méthodologie peut encore être améliorée en incorporant des modèles statistiques pour l'attribution de poids, qui peuvent différer à différentes échelles spatiales. Des niveaux différents de danger et d'exposition ne doivent pas être considérés comme sans conséquence, ce qui pourrait augmenter ou diminuer le risque de catastrophe dans son ensemble.

Cette étude fournit en outre un aperçu de la méthodologie proposée grâce à son application dans six communautés urbaines sujettes aux inondations à Ziguinchor, au Sénégal. Les plans de développement national du Sénégal impliquent un développement sectoriel, dans lequel les diverses composantes de la vulnérabilité s'intègrent parfaitement. Les résultats ont mis en évidence a trouvé des variations significatives dans toutes les dimensions de la vulnérabilité, en particulier la vulnérabilité institutionnelle et comportementale. Les résultats révèlent que les six communautés ont des attitudes fatalistes et une mauvaise perception du risque. Les institutions n'ont pas été en mesure de fournir une sensibilisation, une formation et des exercices appropriés, ce qui a amplifié les vulnérabilités des communautés déjà exposées. Les autorités de gestion des catastrophes de la ville sont toujours absentes au niveau du sol et les institutions locales gèrent les inondations de manière ponctuelle.

Bibliographie

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. (2014). Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage (RGPHAE 2013). Rapport définitif. République du Sénégal, Ministère de l'Économie, des Finances et du Plan.
- ANDS. (2014). Situation économique et sociale de la région de Ziguinchor, République du Sénégal.
- Armaş, I. (2012). Analyse de vulnérabilité multicritère à l'aléa sismique de Bucarest, Roumanie. *Dangers naturels*, 63(2), 1129–1156.
- Balica, S. F., Douben, N., & Wright, N. G. (2009). Indices de vulnérabilité aux inondations à différentes échelles spatiales. *Science et technologie de l'eau*, 60(10), 2571–2580.

- Bashier Abbas, H., & Routray, J. K. (2014). Vulnerability to flood-induced public health risks in Sudan. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 23(4), 395–419.
- Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards Towards Disaster Resilient Societies*, 1, 9–54.
- Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193–211.
- Briguglio, L. (1995). Small island developing states and their economic vulnerabilities. *World Development*, 23(9), 1615–1632.
- Chisty, M. A., Rahman, M., Khan, N. A., & Alam Dola, S. E. (2022). Assessing community disaster resilience in flood-prone areas of Bangladesh: From a gender lens. *Water*, 14(40).
- Clark-Ginsberg, A., McCaul, B., Bremaud, I., Cáceres, G., Mpanje, D., Patel, S., & Patel, R. (2020). Practitioner approaches to measuring community resilience: The analysis of the resilience of communities to disasters toolkit. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50, 101714.
- Cutter, S. L., Emrich, C. T., Webb, J. J., & Morath, D. (2009). Social vulnerability to climate variability hazards: A review of the literature. Final report to Oxfam America. Columbia, South Carolina: Hazards and Vulnerability Research Institute, University of South Carolina.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261.
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 20.
- Fuchs, S., Birkmann, J., & Glade, T. (2012). Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: Current approaches and future challenges. *Natural Hazards*, 64(3), 1969–1975.
- Gain, A. K., Mojtahed, V., Biscaro, C., Balbi, S., & Giupponi, C. (2015). An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City. *Natural Hazards*, 79, 1499–1530.
- Gomis, O., Sow, D., & Sall, O. (2019). Environnement urbain et santé dans la commune de Ziguinchor (Sénégal): L'exemple des quartiers de Néma 2 et Coboda. *Revue de géographie du laboratoire Leidi*, 22, 280–295.
- Guragain, U. P., & Doneys, P. (2022). Social, economic, environmental, and physical vulnerability assessment: An index-based gender analysis of flood-prone areas of Koshi River Basin in Nepal. *Sustainability*, 14, 10423.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74–88.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R. J., & Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3(9), 802–806.

- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Islam, M. A., Chisty, M. A., Fuad, A., Rahman, M. M., Muhtasim, M., Dola, S. E. A., Biva, F. J., & Khan, N. A. (2022). Using ARC-D Toolkit for measuring community resilience to disasters. *Sustainability*, 14, 1758.
- López-Martínez, F., Gil-Guirado, S., & Pérez-Morales, A. (2017). Who can you trust? Implications of institutional vulnerability in flood exposure along the Spanish Mediterranean coast. *Environmental Science & Policy*, 76, 29–39.
- Mazumdar, J., & Paul, S. K. (2016). Socioeconomic and infrastructural vulnerability indices for cyclones in the eastern coastal states of India. *Natural Hazards*, 82(3), 1621–1643.
- Nasiri, H., & Shahmohammadi-Kalalagh, S. (2013). Flood vulnerability index as a knowledge base for flood risk assessment in urban areas. *Journal of Novel Applied Sciences*, 2, 269–272.
- ONAS. (2012). *Global développement progress report*. Agreement Grant N° GLOBAL N° OPP1029666.
- Papathoma-Ko'hle, M., Gems, B., Sturm, M., & Fuchs, S. (2017). Matrices, curves and indicators: A review of approaches to assess physical vulnerability to debris flows. *Earth-Science Reviews*, 171, 272–288.
- Polsky, C., Neff, R., & Yarnal, B. (2007). Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change*, 17(3–4), 472–485.
- Rana, I. A., & Routray, J. K. (2018). Multidimensional model for vulnerability assessment of urban flooding: An empirical study in Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9, 359–375.
- Sané, B. (2018). *Gestion des eaux usées domestiques et pluviales dans le quartier de Santhiaba-Ouest (commune de Ziguinchor): Incidences sanitaires et environnementales*. Mémoire de master 2, Université Assane Seck de Ziguinchor.
- Sané, B., Cissé, A., & Faye, C. (2019). Problématique de la gestion des eaux pluviales dans les villes des pays en voie de développement: Cas du quartier de Santhiaba et Belfort (commune de Ziguinchor, Sénégal). *Larhyss Journal*, 16(3), 313–331.
- Schröter, D., Polsky, C., & Patt, A. G. (2005). Assessing vulnerabilities to the effects of global change: An eight-step approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10(4), 573–595.
- Sokemawu, K. (2017). Les inondations et leurs répercussions socioéconomiques et sanitaires dans la vallée du Zio au sud du Togo. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, 2, 13.
- Thouret, J.-C., Ettinger, S., Guitton, M., Santoni, O., Magill, C., Martelli, K., Zuccaro, G., Revilla, V., Charca, J. A., & Arguedas, A. (2014). Assessing physical vulnerability in large cities exposed to flash floods and debris flows: The case of Arequipa (Peru). *Natural Hazards*, 73*, 1771–1797.

- Troit, V. (2020). Entre local et global, les organisations humanitaires face aux crises sanitaires mondiales. *L'Économie politique*, 202(3), 80–90.
- UNISDR. (2004). *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives (Version 2004)*. Geneva, Switzerland: UNISDR.
- Wallez, L. (2010). *Inondations dans les villes d'Afrique de l'Ouest : Diagnostic et éléments de renforcement des capacités d'adaptation dans le Grand Cotonou*. Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Québec, Canada & Master en ingénierie et management de l'environnement et développement durable, Université de Technologie de Troyes, France.
- Willroth, P., Diez, J. R., & Arunotai, N. (2011). Modelling the economic vulnerability of households in the Phang-Nga Province (Thailand) to natural disasters. *Natural Hazards*, 58(2), 753–769.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters (2nd ed.)*. London: Routledge.
- Yoon, D. K. (2012). Assessment of social vulnerability to natural disasters: A comparative study. *Natural Hazards*, 63(2), 823–843.
- Zhou, Y., Liu, Y., Wu, W., & Li, N. (2015). Évaluation intégrée des risques de multirisques en Chine. *Dangers naturels*, 78(1), 257–280.