

RÉCURRENCE DES INONDATIONS EN MÉTROPOLES SÉNÉGALAISES DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE : EXEMPLE DE DAKAR ET SAINT-LOUIS

Coura KANE^{1,2}, Ndickou GAYE^{1,3}, Birane CISSE^{1,3}, Elhadj Abdou Karim KEBE^{1,3}, Awa
NIANG^{1,3}, Alioune KANE^{1,3}

¹UMI SOURCE, IRD, BP 1386, CP18524, Dakar

²Université Alioune Diop de Bambey

³Université Cheikh Anta Diop de Dakar

Résumé

Les inondations au Sénégal sont marquées par leur récurrence malgré un retour timide de la pluviométrie. Elles procèdent de causes diverses notamment l'urbanisation, la topographie, l'hydrologie des zones inondées, le réseau d'assainissement et sa fonctionnalité, l'occupation anarchique de l'espace. Les actions anthropiques notamment l'augmentation des surfaces bâties ont contribué à l'imperméabilisation des sols et à la diminution de l'infiltration dans les bassins versants. Désormais, ces espaces urbains deviennent vulnérables à l'accélération du ruissellement avec l'augmentation de la vitesse de concentration des eaux de crues, dévastatrices, qui concourent à la stagnation des eaux dans les zones basses et au développement de maladies hydriques. En outre, les pluies localisées et leur concentration sur une période très courte de l'année, le mauvais aménagement, l'avancée du front urbain contribuent à l'aggravation des inondations, devenues l'aléa naturel récurrent dans les villes sénégalaises. Cette étude s'appuie sur une recherche documentaire fondée sur l'analyse de publications scientifiques, de rapports institutionnels et de travaux académiques relatifs aux inondations urbaines au Sénégal. Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse thématique visant à identifier les causes des inondations, leurs impacts et les stratégies d'adaptation mises en œuvre par les populations et les pouvoirs publics. D'une manière générale, le risque d'inondation concerne la quasi-totalité des communes du Sénégal, particulièrement les grandes agglomérations, à des degrés divers suivant la variation spatiale et temporelle des facteurs responsables. La situation sanitaire des populations dans les zones affectées par les inondations reste préoccupante. Les pathologies sont relatives à la contamination de l'eau potable, à la durée de stagnation des eaux et au manque d'assainissement propices à la propagation de vecteurs de maladies. Ces conditions du milieu rendent les populations vulnérables aux maladies infectieuses telles que le choléra, la rougeole ou le paludisme. Depuis trois décennies, les populations sinistrées, souvent recasées dans les édifices publics ont développé des stratégies d'adaptation et les autorités sénégalaises ont tenté d'apporter des solutions souvent techniques à l'éradication des inondations.

Mots clés : *Inondations, récurrence, métropoles, vulnérabilité, santé, changement climatique, Dakar, Saint Louis*

THE RECURRENCE OF FLOODING IN SENEGALESE CITIES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE: THE CASE OF DAKAR AND SAINT-LOUIS

Abstract

Flooding in Senegal is characterised by its recurrence, despite a modest return to normal rainfall levels. It stems from a variety of causes, including urbanisation, topography, the hydrology of the flooded areas, the drainage network and its functionality, and unregulated land use. Human activities, particularly the increase in built-up areas, have contributed to soil sealing and a reduction in infiltration within catchment areas. Consequently, these urban areas are now vulnerable to accelerated surface runoff, with floodwaters gathering at an ever-faster rate; these devastating floods contribute to water stagnation in low-lying areas and the spread of waterborne diseases. Furthermore, localised rainfall concentrated within a very short period of the year, poor land-use planning and the encroachment of urban areas are contributing to the worsening of flooding, which has become a recurring natural hazard in Senegalese cities. This study is based on a literature review

involving the analysis of scientific publications, institutional reports and academic works relating to urban flooding in Senegal. The data collected were subjected to a thematic analysis aimed at identifying the causes of flooding, its impacts and the adaptation strategies implemented by local communities and public authorities. Generally speaking, the risk of flooding affects almost all municipalities in Senegal, particularly large urban areas, to varying degrees depending on the spatial and temporal variation in the contributing factors. The health situation of communities in flood-affected areas remains a cause for concern. Diseases are linked to the contamination of drinking water, the duration of waterlogging and the lack of sanitation, all of which facilitate the spread of disease vectors. These environmental conditions leave communities vulnerable to infectious diseases such as cholera, measles and malaria. Over the past three decades, affected communities – often rehoused in public buildings – have developed coping strategies, whilst the Senegalese authorities have sought to implement solutions, often of a technical nature, to eradicate flooding.

Keywords: *Floods, recurrence, major cities, vulnerability, health, climate change, Dakar, Saint Louis*

Introduction

Les fortes pluies enregistrées ces dernières décennies sont à l'origine d'inondations dans de nombreuses villes africaines. L'Afrique de l'Ouest est particulièrement touchée par des inondations dévastatrices. Entre 2000 et 2024, elle a enregistré pratiquement chaque année des inondations (Omoyeni B. 2026, p 1). Au Sénégal, la récurrence de ce phénomène s'explique par un retour timide de la pluviométrie, les changements climatiques, les dysfonctionnements dans l'aménagement du territoire et la planification, l'occupation de zones non aedificandi, l'avancée du front urbain dans les zones humides, etc. Le sixième rapport du GIEC (fiche régionale Afrique de l'Ouest) (2022)¹ prédit des quantités de précipitations supérieures à la normale pour plusieurs régions africaines particulièrement sahéliennes. Les inondations sont responsables des catastrophes naturelles qui causent des dommages sur la santé, les biens et les conditions de vie des populations les plus vulnérables notamment les femmes et les enfants vivant à la base dans des habitations informelles en augmentation. Deux grandes métropoles urbaines notamment Dakar, la capitale et Saint-Louis située dans l'estuaire du fleuve Sénégal sont prises en compte dans cet article. Depuis quelques années (1989, 1995, 2001, 2005, 2009) Dakar et sa banlieue (départements de Pikine, Guédiawaye et Keur Massar) sont frappées par des inondations répétitives de grande ampleur. Le régime pluviométrique est le principal facteur responsable des inondations par leur répartition, leur intensité, leur durée, leur fréquence et leur variabilité dans l'espace urbain. A Saint-Louis, la nature du site constituée essentiellement d'anciens lits du fleuve, l'existence d'une nappe phréatique affleurante, les contraintes fluvio-maritimes jouent un rôle prépondérant dans les inondations. La saison des pluies provoque de nombreux dégâts matériels qui soulèvent la problématique d'une application insuffisante des plans d'aménagement du territoire et du dimensionnement des ouvrages au Sénégal : rupture de digues, effondrement de ponts, routes coupées, chaussées décapées, etc., ce qui n'est pas sans conséquences sur la circulation des personnes et des biens. L'objectif de cette contribution est d'analyser la vulnérabilité des populations aux inondations. Il s'agit spécifiquement de comprendre les facteurs de vulnérabilité dans les deux métropoles. L'hypothèse retenue est selon laquelle la vulnérabilité résulte de la combinaison de l'occupation des zones à risque et des insuffisances des capacités d'adaptation. Les populations sinistrées vivent un véritable traumatisme. Les enjeux se déclinent généralement en termes d'hygiène, d'environnements malsains, de maladies hydriques mais aussi de pertes économiques considérables. Les pathologies liées aux inondations sont fréquentes à Dakar et à Saint-Louis. L'État a essayé d'apporter des solutions. A Saint-Louis, l'accent a été mis sur l'édification d'infrastructures dont la

¹ Climate and Development Knowledge Network (CDKN) et Initiative africaine pour le climat et le développement (ACDI/ICDI), 2022. *Sixième rapport d'évaluation du GIEC : Impacts, options d'adaptation et domaines d'investissement pour une Afrique de l'Ouest résiliente au changement climatique*. <https://cdkn.org/resource/ipcc-sixth-assessment-report-new-factsheet-decision-makers-west-africa>

digue périphérique, des quais relevés, un canal d'évacuation des eaux usées et pluviales dans le Gandiolais, les unités de pompage et en 2003 un canal de délestage ouvert sur la Langue de Barbarie. A Dakar, l'accent a été mis sur le stockage des eaux dans des bassins de rétention et leur pompage vers les exutoires des petits bassins versants côtiers vers la mer. En 2012, le conseil présidentiel a adopté le programme décennal de lutte contre les inondations (PDRI) soutenu par un budget d'investissement de 767 milliards de FCFA. Les résultats obtenus restent pour le moment mitigés.

DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Cette étude repose essentiellement sur une recherche documentaire qualitative visant à analyser les facteurs explicatifs des inondations urbaines au Sénégal, leurs impacts sanitaires et socio-économiques ainsi que les stratégies d'adaptation développées par les populations et les pouvoirs publics.

- **Collecte des données documentaires**

Les données exploitées dans cette étude sont exclusivement issues de sources secondaires. Elles comprennent des publications scientifiques nationales et internationales traitant des inondations urbaines, de la vulnérabilité environnementale et de l'adaptation aux changements climatiques, ainsi que des rapports institutionnels élaborés par le Gouvernement du Sénégal, la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC), l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et d'autres organismes spécialisés. La recherche documentaire a également mobilisé des mémoires, des thèses et divers rapports de recherche portant sur les dynamiques urbaines, l'occupation des zones inondables et la gestion des risques environnementaux au Sénégal. Enfin, des documents de planification urbaine, d'assainissement et de gestion des catastrophes ont été consultés afin de mieux appréhender les politiques, les stratégies et les interventions mises en œuvre pour faire face aux inondations dans les différentes collectivités territoriales du pays.

- **Critères de sélection des documents**

Les documents mobilisés dans le cadre de cette étude ont été sélectionnés selon plusieurs critères rigoureux afin de garantir la fiabilité et la pertinence des informations recueillies. Le choix des sources s'est d'abord appuyé sur leur adéquation avec la problématique des inondations au Sénégal et les objectifs de la recherche. Une attention particulière a été accordée à la crédibilité scientifique et institutionnelle des documents, en privilégiant les publications académiques, les rapports d'organisations reconnues et les travaux de recherche validés. Les sources retenues devaient également être suffisamment récentes ou constituer des références majeures dans la littérature relative aux risques environnementaux, à la vulnérabilité et à l'adaptation aux changements climatiques. Enfin, les documents ont été sélectionnés en fonction de leur capacité à éclairer les différentes dimensions du phénomène étudié, notamment les aspects physiques, environnementaux, sanitaires, sociaux et économiques associés aux inondations.

- **Traitement et analyse des informations**

L'analyse documentaire a été menée suivant une démarche thématique visant à comprendre les mécanismes, les conséquences et les réponses apportées au phénomène des inondations au Sénégal. Elle a d'abord porté sur l'identification des principaux facteurs explicatifs des inondations, en prenant en compte les dimensions climatiques, hydrologiques, topographiques et anthropiques. L'étude s'est ensuite intéressée aux impacts environnementaux et sanitaires associés à la stagnation des eaux, à la dégradation du cadre de vie et aux insuffisances des systèmes d'assainissement. Une attention particulière a également été accordée à l'analyse des vulnérabilités urbaines résultant de l'urbanisation rapide, de l'occupation non planifiée des zones inondables et de l'imperméabilisation croissante des surfaces. Enfin, les différentes réponses institutionnelles ainsi que les stratégies d'adaptation développées par les populations et les communautés locales au cours des trois dernières décennies ont été examinées. L'ensemble des informations recueillies a fait l'objet d'une analyse de contenu thématique permettant d'identifier les principales tendances, les points de

convergence et les divergences observées dans les travaux et documents consultés, afin de construire une compréhension globale des enjeux liés aux inondations en milieu urbain au Sénégal.

- **Limites de l'étude**

Cette démarche repose exclusivement sur des données secondaires et ne s'appuie pas sur des enquêtes de terrain ni sur des entretiens auprès des populations affectées. Les résultats doivent donc être interprétés comme une synthèse des connaissances existantes sur les inondations au Sénégal plutôt qu'une évaluation empirique directe des situations observées.

1. Des milieux urbains caractérisés par une forte vulnérabilité

Les inondations pluviales récurrentes sont le plus grand risque naturel auquel le Sénégal a fait face ces trois dernières décennies, elles ont plongé les populations dans une précarité sociale et économique de plus en plus marquée. Les métropoles de Dakar et Saint-Louis (Figure 1) sont caractérisées par leur vulnérabilité aux chocs climatiques. A Saint-Louis, le phénomène des inondations est anciennement connu ; de grandes crues ont été répertoriées en 1854, 1855, 1858, 1866, 1871, 1890, 1906, 1922, 1924, 1935, 1936, 1950 (A. Kane, 1997, p.126). Elle présente les caractéristiques d'une ville amphibie (C.O. Cisse et *al.* 2022, p. 2). A partir des années 1990, avec le retour d'épisodes pluvieux, la plupart des grandes villes du pays sont frappées par de fortes inondations notamment Dakar (1989, 1995, 2005, 2012) et Saint-Louis (2003). L'imperméabilisation des zones d'infiltration des eaux pluviales, du fait de la forte occupation du sol, entraîne un ruissellement rapide et prononcé dans ces nouveaux quartiers, favorisant des inondations, devenues le « casse-tête » des bidonvilles (A. Bodian et *al.* 2016, p. 38). A la faveur des effets du changement climatique, les hivernages sont de plus en plus caractérisés par des intensités pluviométriques exceptionnelles, avec une augmentation considérable de la quantité des eaux de ruissellement du fait de l'imperméabilisation des zones d'infiltration des eaux pluviales et l'élévation du niveau de la nappe phréatique dans la banlieue de Dakar (Mémorandum SENHYDRO²). Aussi bien à Saint-Louis qu'à Dakar, l'essentiel des précipitations reste concentré sur une courte période de l'année, entre les mois d'août et septembre qui enregistrent les maxima pluviométriques. Les inondations peuvent durer plusieurs semaines ou plusieurs mois dans certaines zones, en fonction de la morphologie des sites. Dans la banlieue dakaroise, par exemple, elles peuvent même durer en permanence (O. Cissé, 2015, p. 1). En effet, l'urbanisation à Dakar s'est développée de manière fulgurante sur la zone initialement rurale, les anciennes vallées et petits cours d'eau qui s'écoulaient vers la mer ou vers les lacs des Niayes. Ce bassin qui constituait jadis le poumon vert de Dakar (contenant la grande et la petite Niaye) subit de nos jours une menace à cause de l'avancée du front urbain et des nombreux aménagements sans plan d'assainissement structuré (R. N. Diouf et *al.* 2019, p. 90). En effet, la variabilité climatique qui s'est traduite par une baisse de la pluviométrie a entraîné l'assèchement et l'ensablement des dépressions et bas-fonds, favorisant l'occupation de ces zones.

² Contribution du groupe d'experts SENHYDRO (Eau et Assainissement) : Les Inondations de la Banlieue de Dakar, Pas une Fatalité



Figure 1 : Localisation des zones d'étude

Dans la région de Dakar, le relief est relativement faible et dépasse rarement 40 m d'altitude ; c'est dans la partie nord (complexe volcanique des Mamelles) qu'on rencontre les altitudes les plus élevées de l'ordre 100 m. Le département de Pikine se trouve dans une dépression contenant un système dunaire continental des dunes rouges (ergs de Pikine et Keur Massar) avec un réseau hydrographique assez dense. Cette configuration géographique fait que les communes d'arrondissement comme Guinaw Rail, Pikine Ouest et Est, Dalifort sont les plus exposées aux problèmes d'inondation³. Par ailleurs, les conditions physiques de la ville de Saint-Louis sont des facteurs contraignants pour un développement urbain. C'est une zone qui se particularise par l'omniprésence de l'eau. Les altitudes émergent à peine au-dessus du niveau de la mer, avec une altimétrie très basse ou presque plane, une surexposition à l'érosion liée aux effets des marées, des reflux et des courants entre la Langue de Barbarie et le reste de la ville, constituent une nouvelle preuve de la périodicité croissante des catastrophes. Le site de Saint-Louis apparaît comme un espace à risque où la conjonction de plusieurs facteurs peut produire des effets incommensurables. Malgré tous ces aspects qui ne se prêtent pas à une extension spatiale, la ville connaît une évolution sans précédent au plan urbain.

L'absence de politique cohérente d'aménagement du territoire, la méconnaissance du phénomène et le non-respect des normes d'urbanisme, la mal gouvernance des communes se sont accompagnés d'actions anthropiques incontrôlées, non maîtrisées et très informelles. La délivrance d'autorisation de construire dans des zones non aedificandi favorise le développement de l'habitat irrégulier et la pérennisation de leur occupation. Aujourd'hui, l'étalement urbain se fait au détriment des zones humides naturelles. L'absence de réseau d'évacuation des eaux pluviales dans certains quartiers favorisent les inondations. La vétusté des réseaux, l'absence ou le mauvais entretien des ouvrages d'assainissement, l'obstruction des exutoires naturels des cours d'eau vont amplifier le phénomène des inondations. Le défaut d'application des mesures réglementaires en vigueur en matière d'études d'impacts préalables, au respect du code de l'eau et de l'environnement, le non-respect des règles urbanistiques sont autant de dysfonctionnement qui influence l'évacuation des eaux pluviales.

2. Les impacts des inondations sur la santé : cas de la banlieue dakaroise

La présence de sites favorables aux vecteurs a été confirmée par des captures sur le terrain, révélant des zones inondées significatives renfermant des caractéristiques propices au développement des vecteurs du paludisme. Les recherches menées par B. Cissé (2017, p.89) et M. Ngom et *al.* (2023, p. 147) mettent en évidence des sites potentiels de développement de vecteurs du paludisme situés dans des poches de contact vecteur-homme dans la banlieue de Dakar. Ces poches se trouvent au

³ Élaboration du Plan Directeur d'aménagement et de sauvegarde des Niayes et des espaces verts, 2004

cœur des zones inondables, présentant des conditions favorables au développement des vecteurs du paludisme. Les captures de vecteurs ont montré des proportions élevées d'anophèles, avec 80 espèces à Pikine Ouest, 48 à Pikine Nord et 105 à Médina Gounass (Figure 2).

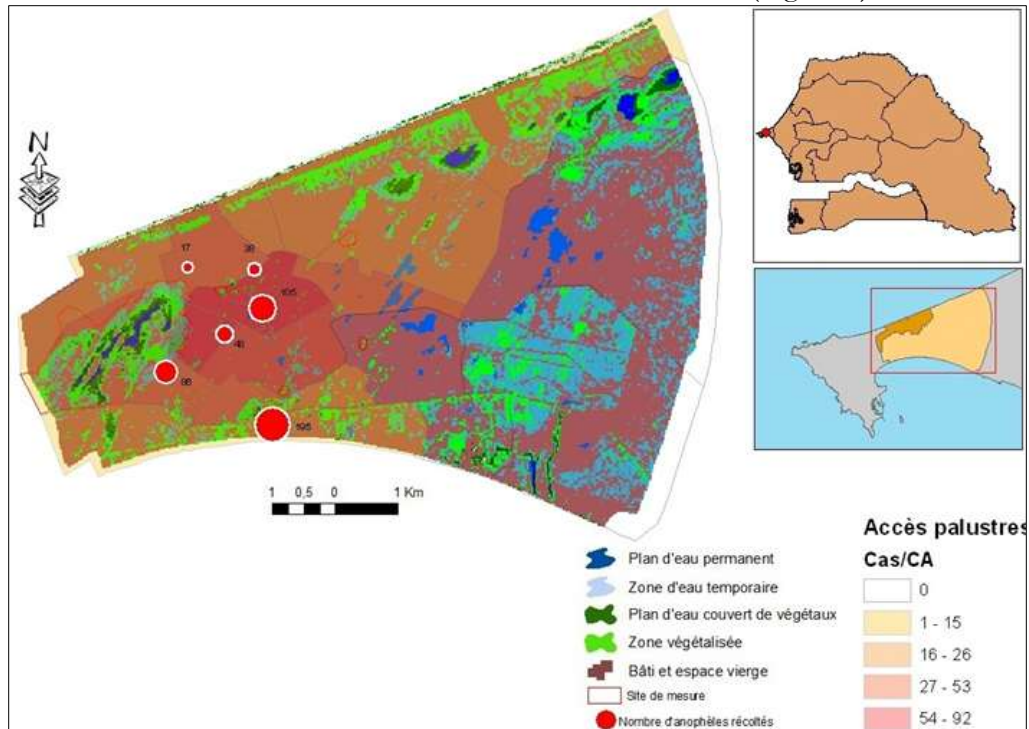


Figure 2 : Disparités d'infestation d'anophèles à Guédiawaye et Pikine, Cissé (2017)

Les incidences enregistrées dans les communes ont mis en évidence une concentration des cas de paludisme confirmés au niveau des localités exposées aux inondations et situées à proximité des zones humides. L'analyse des données de parasitémie révèle un gradient palustre qui diminue progressivement à mesure que l'on s'éloigne des localités développées sur les superficies des zones humides. Les taux de parasitémie les plus élevés sont observés à Médina Gounass, Djida Thiaroye Kao et Wakhinane Nimzatt, avec des concentrations de parasites comprises entre 32 984 et 92 713 μ (Figure 3). Cette hétérogénéité du contact vecteur-homme se reflète également dans l'incidence du paludisme dans la zone, avec 10 % à Hamdallah II, 7 % à Ainouman Santa Yalla II ainsi qu'à Demba Sow et 5 % à Darou Khoudoss.

Les recherches menées par M. Ngom et *al.* (2023, p. 147) révèlent des tendances similaires, avec une morbidité proportionnelle plus élevée chez les ménages situés à moins de 150 mètres (soit 62,5 %) des zones inondables, par rapport à ceux dont la distance aux zones inondables est supérieure à 300 mètres (soit 36,2 %). Le risque de transmission du paludisme dessine une géographie des zones à risque d'infection, principalement autour des bassins de rétention. Ces zones à risque se trouvent notamment dans les quartiers de Gouye Salane 2b (avec un taux de 18,8 %), Nietty Mbar (avec un taux de 17,9 %), Messere (avec un taux de 17,8 %) et Bagdad 3 (avec un taux de 15,3 %).

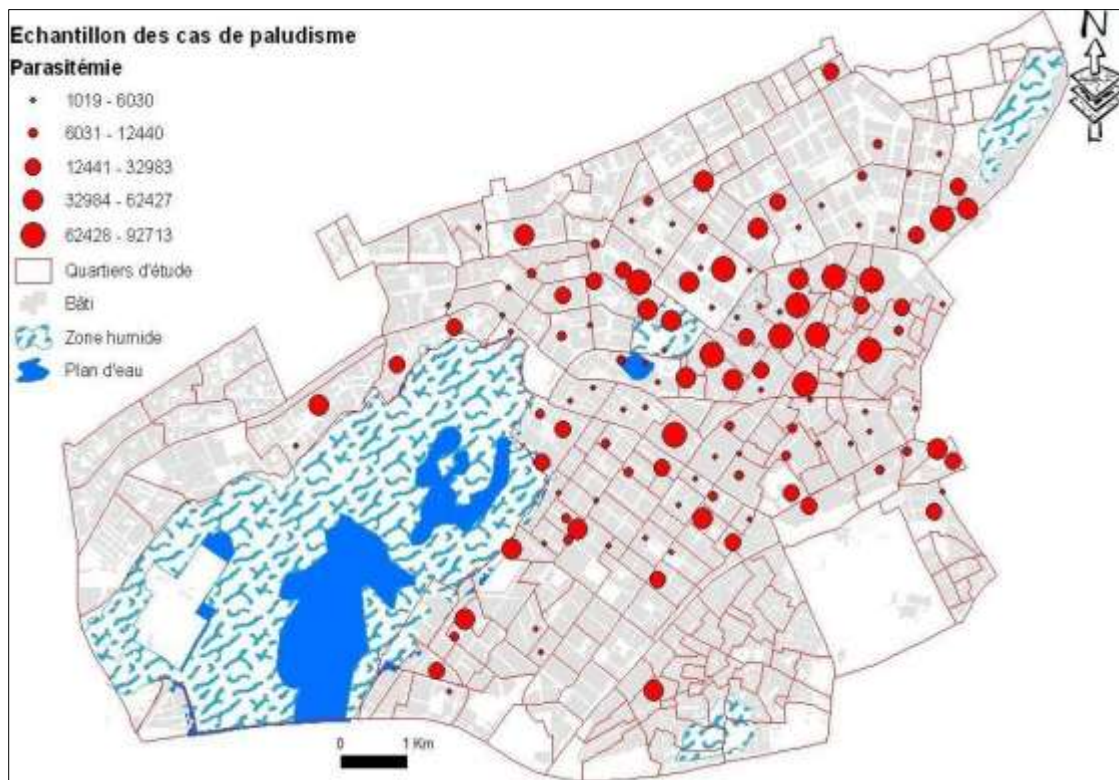


Figure 3 : Hétérogénéité de la parasitémie dans les quartiers de Guédiawaye et Pikine, Cissé (2017)

3. Dommages et coût économique des inondations

D'après les estimations de l'Etat sénégalais, de 1980 à 2008, les inondations ont affecté entre 400.000 et 600.000 personnes par an et causé d'importants dégâts sur les infrastructures, les équipements publics et les propriétés privées ainsi que des pertes économiques considérables. Selon les statistiques publiées par le gouvernement en 2009, 360.000 personnes ont été directement touchées. Les inondations de 2001 ont causé des dégâts importants dans la région de Saint-Louis entraînant le déplacement des populations dans les établissements scolaires. Dans la banlieue de Dakar, 30.000 maisons et 130 écoles ont été touchées (Nicod, 2016)⁴. Des études ont été menées sur le coût économique et social des inondations. Une évaluation des besoins post-catastrophe (PDNA)⁵ a permis de mesurer le coût des inondations de 2009 au Sénégal, à 104 millions de \$US, y compris 56 millions de dommages et 48 millions de pertes. Ayant enregistré 82 millions USD de dommages et pertes, les zones périurbaines de Dakar ont été les plus affectées par ces inondations. Une étude de la Banque mondiale en 2010 évaluait les dommages sur l'ensemble du territoire sénégalais à 142 millions de dollars USD. Les secteurs de l'habitat (49%) et de la santé (14%), l'éducation (10%) et les transports (8%) ont été les plus touchés. Les pertes les plus élevées ont surtout concerné les infrastructures urbaines publiques (15%), les établissements humains (16%) et la mobilité urbaine (14%). Le secteur privé, qui a concentré 65% des dommages et 64% des pertes, a été la principale victime des inondations⁶.

⁴ Cité par Moussa Mahamat Moussa. La presqu'île de Dakar face aux catastrophes : Cas des inondations. *The Magazine of the Canadian Risk and Hazards Network*. <https://haznet.ca/la-presquile-de-dakar-face-aux-catastrophes-cas-des-inondations/>

⁵ PDNA (Post Disaster Needs Assessment) conduite par le Ministère de l'Économie et des Finances

⁶ Rapport d'évaluation des besoins post catastrophe. Inondations urbaines à Dakar 2009, préparé par le gouvernement de la République du Sénégal avec l'appui de la Banque Mondiale, du système des Nations Unies et de la Commission Européenne

4. Les politiques publiques pour lutter contre les inondations

Le Sénégal est le 9^e pays le plus exposé aux menaces liées aux changements climatiques, si l'on considère la proportion urbaine de sa population vivant dans les zones basses notamment à Dakar et Saint Louis⁷. Les populations sont sévèrement touchées, vivant un véritable traumatisme, des quartiers entiers sont relogés dans des édifices publics (écoles, camp militaire, foire de Dakar, etc.). Face aux inondations, l'Etat a réagi par des solutions d'urgence et de planification. Des programmes et projets gouvernementaux ont été développés avec l'appui d'organisations internationales et bilatérales, tels que le "Programme d'Assainissement des Quartiers Péri Urbains de Dakar (PAQPUD)", le Programme Eau à Long Terme (PELT), le Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire (PEPAM) et le Projet de Gestion des Eaux Pluviales et d'adaptation au changement climatique (PROGEP). Des mesures structurelles relevant essentiellement de la réalisation d'ouvrages contre les inondations ont été mises en œuvre. Dans le cadre du Plan Directeur d'Assainissement (2000-2010) qui a démarré en 1998 et qui s'inscrit dans le Projet Sectoriel Eau, financé par la Banque Mondiale, des ouvrages sont réalisés entre 2000 et 2003 : l'ouverture de la brèche sur la Langue de Barbarie, réhabilitation des quais de l'île de Ndar et des digues; construction de deux stations de pompage (une sur l'île, l'autre à Goxumbacc, quartier nord de la Langue de Barbarie); un réseau de canalisations principales des eaux pluviales dans les quartiers lotis (M. Ndao, 2012, p. 179). Toutefois, l'ouverture de la brèche a eu des incidences majeures sur le comportement hydrologique du fleuve à Saint-Louis (B. Durand et *al.*, p. 22). A Dakar, la mise en place d'ouvrages de drainage des eaux pluviales (bassins de rétention, canaux d'évacuation, voiries drainantes, rues pavées) fait partie des premières initiatives pour lutter contre les inondations à partir de 2005. Ces installations sont renforcées dans la cadre du PROGEP dans les localités de Dalifort-Foirail (photo 1), Wakhinane Nimzatt, Thiourour, Bagdad, Netty Mbar, Medina Gounass et Yeumbeul nord. Le MRAZI (Ministère de la Restructuration et Aménagement des Zones d'Inondations) a déguerpi des populations dans ces zones basses inondables et a construit des bassins de rétention pour le stockage des eaux pluviales. Le plan d'urgence Jaxaay⁸, à Dakar, d'un montant de 52 milliards FCFA a permis la construction de 4000 logements modernes à un coût abordable, pourvus d'électricité et d'eau courante (The New Humanitarian, 2006). A Saint-Louis, dans le cadre du Projet de Relèvement d'Urgence et de Résilience à Saint-Louis (SERRP), le nouveau quartier Khar Yalla a accueilli environ 315 ménages.

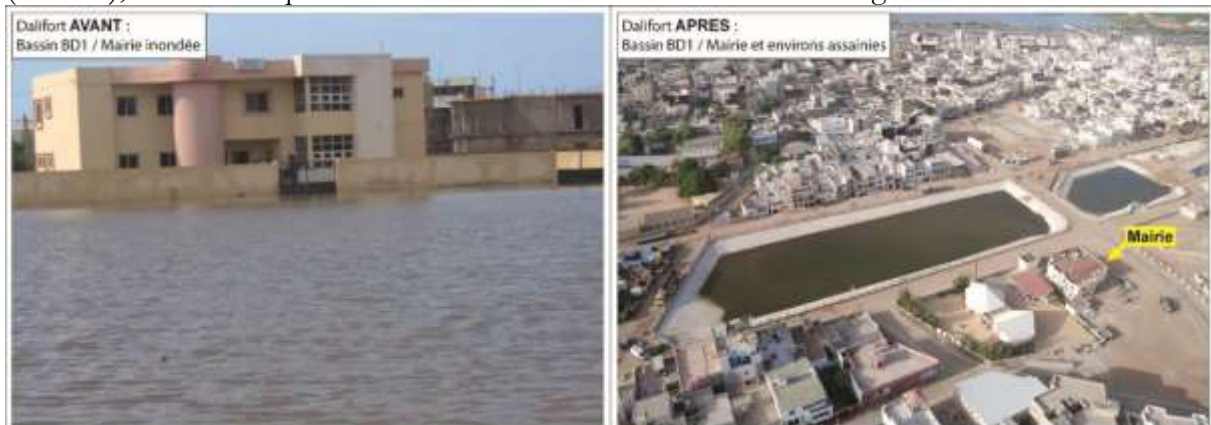


Planche 1 : La mairie de Dalifort-Foirail en 2009, entourée par les eaux de pluie, et en 2019, après la réalisation des ouvrages de drainage par le PROGEP. Source : Agence de Développement Municipal

⁷ Base de données GRUMP: Gordon McGranahan, Deborah Balk, Bridget Anderson (2007) « The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low-elevation coastal zones », *Environment and Urbanization*, Vol. 19, No. 1, pp. 17-37

⁸Jaxxay : un plan d'urgence qui visait à reloger les populations touchées par les inondations dans une nouvelle cité à 30 km de Dakar et à construire des bassins de rétention sur les emprises libérées.

En 2012, le Conseil Présidentiel a adopté le Programme Décennal de Lutte contre les Inondations (PDLI). Sa mise en œuvre pour un coût de 767 milliards FCFA était planifiée en trois phases sur la période 2012-2022 : aménagement du territoire (6 milliards), gestion des eaux pluviales et infrastructures de drainage (276 milliards) et restructuration urbaine et relogement pour 485 milliards. Toutefois pour une meilleure prise en charge des inondations au niveau communautaire, le PROGEP a mis en place des politiques sociales populaires avec l'installation de Comités Locaux d'Initiative pour la Gestion des Eaux Pluviales et l'adaptation au changement climatique (COLIGEP). Ces derniers ont pour mission d'assurer la préservation et la pérennité des ouvrages avec la forte implication des élus locaux, des services municipaux et des associations communautaires de quartiers. Ces cadres multi-acteurs ont joué un rôle essentiel dans l'engagement et la mobilisation sociale en vue d'une mise en cohérence et d'une synergie des actions de gestion des eaux d'inondations pour plus d'efficacité et de durabilité (Agence de Développement Municipale, 2019). A côté des COLIGEP, la philosophie traditionnelle du « Penco »⁹ (M. S. Diop, 2019, p. 283) a été adoptée pour une prise en charge plus effective du fléau.

DISCUSSION

Les résultats confirment que la vulnérabilité des villes de Dakar et de Saint-Louis aux inondations résulte de la combinaison de facteurs physiques, climatiques et anthropiques. Cette situation s'inscrit dans le contexte plus large des villes africaines soumises à une urbanisation rapide, souvent marquée par une faible maîtrise de l'occupation du sol et une insuffisance des infrastructures d'assainissement. Selon I. Douglas et *al.* (2008), l'expansion urbaine non planifiée constitue l'un des principaux facteurs d'aggravation des risques d'inondation dans les métropoles africaines. Dans le cas de Dakar, l'occupation progressive des dépressions des Niayes et des zones humides a réduit les capacités naturelles d'infiltration et de stockage des eaux pluviales, augmentant ainsi l'exposition des populations aux inondations récurrentes (A. Bodian et *al.*, 2014, p. 38 ; R. N. Diouf et *al.*, 2019, p. 96). Les caractéristiques géographiques des deux villes renforcent cette vulnérabilité. À Dakar, la faiblesse du relief, la présence de dépressions interdunaires et la remontée de la nappe phréatique favorisent la stagnation durable des eaux pluviales dans plusieurs communes périphériques. À Saint-Louis, la situation est davantage liée à la configuration estuarienne de la ville, caractérisée par une faible altitude, la proximité du fleuve Sénégal et l'exposition aux dynamiques marines. Cette double influence fluviale et maritime fait de Saint-Louis un territoire particulièrement sensible aux inondations, à l'érosion côtière et aux phénomènes de submersion marine (A. Kane, 1997, p. 50; C. O. T. Cissé et *al.*, 2022, p. 39).

Aussi, les résultats mettent également en évidence le rôle amplificateur du changement climatique. La concentration des précipitations sur de courtes périodes, associée à l'augmentation de la fréquence des épisodes pluviométriques intenses, contribue à accroître les volumes de ruissellement et à saturer les systèmes de drainage existants. Ces observations rejoignent les conclusions du GIEC (IPCC, 2022, p. 32), selon lesquelles les villes côtières d'Afrique de l'Ouest figurent parmi les espaces les plus vulnérables aux événements climatiques extrêmes. Dans ce contexte, les inondations observées à Dakar et à Saint-Louis apparaissent non seulement comme le résultat de conditions naturelles défavorables, mais également comme une manifestation des effets croissants de la variabilité climatique sur les espaces urbains. Enfin, l'étude souligne l'importance des facteurs institutionnels dans la production de la vulnérabilité urbaine. L'occupation de zones non aedificandi, le non-respect des règles d'urbanisme, l'insuffisance des réseaux de drainage et le déficit d'entretien des ouvrages hydrauliques contribuent à renforcer les risques d'inondation. Ces résultats corroborent les travaux de W. N. Adger (2006, p. 4) et de M. Pelling (2003, p. 65, 111, 132), qui montrent que la vulnérabilité est autant le produit de choix d'aménagement et de gouvernance que de l'exposition aux aléas naturels. Ainsi, la réduction durable du risque d'inondation au Sénégal

⁹ Le Penco signifie en langue wolof, espace de discussion pour un consensus

nécessite une approche intégrée associant planification urbaine, préservation des zones humides, amélioration des infrastructures d'assainissement et renforcement de la gouvernance territoriale.

Une forte association entre les inondations urbaines et le risque de transmission du paludisme dans la banlieue dakaroise a été mise en évidence par les résultats de cette étude. La présence importante d'anophèles dans les communes les plus exposées aux inondations confirme que les eaux stagnantes créées par les épisodes pluvieux constituent des gîtes larvaires favorables au développement des vecteurs. Cette relation entre inondations, stagnation des eaux et prolifération vectorielle a été largement documentée en Afrique subsaharienne, où les modifications de l'environnement urbain influencent directement la dynamique de transmission du paludisme (J. Keiser et *al.*, 2004, p. 118 ; V. Robert et *al.*, 2003, p. 169). Les travaux de B. Cissé (2019, p. 8) confirment cette réalité dans la banlieue de Dakar en identifiant plusieurs foyers de contact vecteur-homme localisés au sein des zones inondables. La répartition spatiale des cas de paludisme met également en évidence une forte hétérogénéité du risque sanitaire. Les taux de parasitémie les plus élevés sont observés dans les localités situées à proximité immédiate des zones humides et des bassins de rétention, notamment à Médina Gounass, Djida Thiaroye Kao et Wakhinane Nimzatt. Cette distribution rejoint les observations de J. F. Trape et *al.* (1992, p. 181) et de J. Gaudart et *al.* (2009, p. 2), selon lesquelles le risque palustre en milieu urbain est fortement conditionné par la proximité des gîtes de reproduction des moustiques. La diminution progressive de la morbidité lorsque l'on s'éloigne des zones inondables confirme l'existence d'un gradient spatial de transmission déjà observé dans plusieurs villes africaines.

Par ailleurs, les résultats suggèrent que les infrastructures de gestion des eaux pluviales peuvent constituer des espaces paradoxaux dans la lutte contre les inondations. Bien qu'ils contribuent à réduire l'exposition des populations aux submersions, certains ouvrages, notamment les bassins de rétention insuffisamment entretenus, peuvent devenir des lieux propices à la prolifération des vecteurs lorsqu'ils retiennent durablement des eaux stagnantes. Des études menées en Afrique de l'Ouest montrent que ces aménagements peuvent involontairement accroître le risque de maladies vectorielles lorsqu'ils ne sont pas intégrés à des stratégies de gestion environnementale et sanitaire adaptées (E. Klinkenberg et *al.*, 2008, p. 2; Machault et *al.*, 2012, p. 15). Enfin, ces résultats confirment que les impacts des inondations dépassent largement les dimensions matérielles et économiques pour constituer un enjeu majeur de santé publique. Dans un contexte marqué par la variabilité climatique, l'urbanisation rapide et les déficits d'assainissement, les populations vivant à proximité des zones inondables apparaissent particulièrement vulnérables aux maladies à transmission vectorielle. Ces observations rejoignent les conclusions du GIEC (IPCC, 2022) et de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2023), qui soulignent que les changements climatiques et les événements hydrométéorologiques extrêmes pourraient modifier la distribution spatiale et temporelle du paludisme en Afrique. Dès lors, la réduction de la vulnérabilité sanitaire dans la banlieue dakaroise nécessite une approche intégrée associant gestion des eaux pluviales, aménagement urbain, surveillance entomologique et prévention du paludisme.

Les inondations constituent l'un des principaux risques environnementaux au Sénégal, affectant chaque année plusieurs centaines de milliers de personnes. Cette situation s'explique en grande partie par l'urbanisation rapide, l'occupation de zones inondables et l'insuffisance des infrastructures de drainage, particulièrement dans les espaces périurbains de Dakar (I. Douglas et *al.*, 2008, p. 188, 189, 197).

Les conséquences observées dépassent largement les dégâts matériels. Les inondations ont perturbé l'accès à des services essentiels tels que l'éducation, la santé et les transports, comme l'illustrent les dommages causés aux écoles et aux habitations. Ces résultats confirment que les catastrophes touchent davantage les populations déjà vulnérables, renforçant ainsi les inégalités socio-spatiales (M. Pelling, 2003, p. 57, 75, 80 ; IPCC, 2022). L'évaluation économique met en évidence le coût élevé des inondations, estimé à plus de 100 millions de dollars US en 2009, avec une forte concentration des pertes dans la région de Dakar. Cette situation traduit la concentration des populations, des activités économiques et des infrastructures dans des zones fortement

exposées aux risques (Gouvernement du Sénégal et *al.*, 2010 ; S. Hallegatte et *al.*, 2013, p. 1). Par ailleurs, la prédominance des dommages dans le secteur de l'habitat révèle la fragilité du cadre bâti dans les périphéries urbaines. Les ménages modestes sont particulièrement touchés en raison de leurs faibles capacités de prévention et de reconstruction après les catastrophes (W. N. Adger, 2006, p. 5).

Enfin, une nécessité de renforcer les politiques de gestion des risques à travers l'amélioration des systèmes de drainage, le contrôle de l'occupation des zones inondables et l'intégration de l'adaptation au changement climatique dans la planification urbaine s'avère être nécessaires. De telles mesures sont essentielles pour accroître la résilience des villes sénégalaises face aux inondations récurrentes (Meerow et *al.*, 2016, p. 41 ; World Bank, 2016, p. 27).

Les politiques publiques de lutte contre les inondations au Sénégal ont progressivement évolué vers une approche combinant infrastructures hydrauliques, réinstallation des populations exposées et adaptation au changement climatique. Cette orientation répond à la vulnérabilité croissante des villes de Dakar et de Saint-Louis, où l'urbanisation rapide et l'occupation des zones basses renforcent l'exposition aux risques hydrologiques (I. Douglas et *al.*, 2008, p. 188 ; IPCC, 2022 p. 32).

Les programmes tels que le PAQPUD, le PEPAM et le PROGEP ont permis d'améliorer les capacités de drainage urbain à travers la construction de bassins de rétention, de canaux d'évacuation et de stations de pompage. Ces investissements confirment l'importance des infrastructures de gestion des eaux pluviales dans la réduction de la vulnérabilité urbaine et l'amélioration de la résilience des territoires face aux événements climatiques extrêmes (S. Hallegatte et *al.*, 2013, p. 7 ; Meerow et *al.*, 2016, p. 41). Toutefois, l'exemple de l'ouverture de la brèche de la Langue de Barbarie montre que les solutions techniques peuvent engendrer de nouveaux risques environnementaux. Plusieurs études soulignent que cette intervention a profondément modifié les dynamiques hydrosédimentaires et contribué à accentuer l'érosion côtière et la submersion marine dans certains secteurs de Saint-Louis (Sy B. A., 2013, p. 11; P. Durand et *al.*, 2010, p. 5). Ces résultats confirment que la gestion des inondations doit s'inscrire dans une approche intégrée prenant en compte les interactions entre systèmes naturels et aménagements humains (M. Pelling, 2003, p. 107). Par ailleurs, les programmes de relogement, notamment le Plan Jaxaay à Dakar et le projet Khar Yalla à Saint-Louis, ont contribué à réduire l'exposition directe des ménages vivant dans les zones les plus vulnérables. Cependant, la littérature montre que la réussite de ces initiatives dépend également de l'accès aux services, aux opportunités économiques et aux réseaux sociaux dans les nouveaux sites d'accueil (Cernea, 2000, p. 21 ; Robin, 2018, p. 5).

Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que la réduction durable du risque d'inondation au Sénégal nécessite une articulation entre infrastructures de protection, planification urbaine et gouvernance territoriale. Comme le soulignent W. N. Adger (2006 p. 271), le renforcement de la résilience repose autant sur les capacités institutionnelles et sociales que sur les aménagements physiques, ce qui constitue un enjeu majeur dans le contexte du changement climatique.

CONCLUSION

Les inondations constituent une source de vulnérabilité dans les agglomérations sénégalaises. Malgré les nombreux programmes et projets mis en œuvre pour faire face à ce fléau, le problème est toujours d'actualité. Les populations sont véritablement désarmées, face à cet aléa, dotées de faibles capacités de résilience, elles semblent se résigner à leur sort. La polémique est vive autour de cette question face à cette problématique que l'Etat a du mal à résoudre. Les populations s'accommodent avec cette hantise permanente en s'adaptant au quotidien. La recherche effrénée du foncier (habitat) et l'installation anarchique dans des zones non aedificandi explique pour une large part ce phénomène. Après le plan décennal, l'amélioration de la gouvernance, les énormes investissements consentis, les infrastructures érigées, la question des inondations est loin d'être résolue. Malgré les mesures prises pour atténuer le phénomène, les dommages et pertes

environnementaux, socio-économiques et les problèmes de santé persistent encore dans les villes sénégalaises.

Références bibliographiques

- Adger William Neil, 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>;
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378006000422>
- Agence de Développement Municipale, 2018. Etude diagnostic et stratégie pour une ville durable & révision et extension du PDU de Saint-Louis. Rapport diagnostic Ville durable. DP n°01/16/Projep/ADM/FND, 215p
- Agence de Développement Municipale, 2019. Projet de Gestion des Eaux Pluviales et d'adaptation au changement climatique (PROGEP). Guide pratique de mise en place d'un Comité local fonctionnel pour lutter contre les inondations : Cas des Comités locaux d'initiative pour la gestion des eaux pluviales et l'adaptation au changement climatique (COLIGEP) - Dakar, Sénégal, Mai 2019, 30 pages.
- Bodian Ansoumana, Dacosta Honoré, Diouf René Ndimag, Ndiaye El Hadj Ousmane et Mendy Anastasie, 2016. Contribution à la connaissance de l'aléa pluvial au Sénégal grâce à la valorisation des données pluviographiques historiques. *Climatologie*, vol. 13, p 38-46
- Bodian Ansoumana, 2014. Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo*, 8, 297-312.
- Cernea, Michael Mihail, 2000. Risks, safeguards, and reconstruction: A model for population displacement and resettlement. In M. M. Cernea & C. McDowell (Eds.), *Risks and reconstruction: Experiences of resettlers and refugees* (pp. 11-55). World Bank.
- Cisse Birane (2017). Facteurs de risque du paludisme dans la banlieue de Dakar : Quels déterminants pour une meilleure prise de décision dans la lutte contre le paludisme ? Thèse de Doctorat spécialité : Eau, Environnement et Sante, Ecole Doctorale « Eau, Qualité et Usages de L'Eau (UCAD), 196 p.
- Cisse Cheikh Omar Tidjani, Brempong Emmanuel Kwadzo., Taveneau Adélaïde, Almar Rafael, Sy Boubou Aldiouma and Angnuureng Donatus Bapentire, 2022. Extreme coastal water levels with potential flooding risk at the low-lying Saint Louis historic city, Senegal (West Africa). *Frontiers in Marine Science Coastal Ocean Processes*, vol 9, doi: 10.3389/fmars.2022.993644
- Cissé, Guéladio, 2019. Food-borne and water-borne diseases under climate change in low- and middle-income countries: Further efforts needed for reducing environmental health exposure risks. *Acta Tropica*, 194, 181-188.
- Cissé Oumar, 2015. Adaptations des ménages aux eaux d'inondations dans les banlieues de Dakar, Sénégal : le cas de Yeumbeul Nord. Recherche financée par le programme Changements climatiques et eau du Centre de recherches pour le développement international. www.crdi.ca/cce; fiche produite par WRENmedia en avril. 4 p. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/>
- Diop Moustapha Sokhna, 2019. Les capacités adaptatives des communautés de la périphérie de Dakar face aux inondations. Thèse de doctorat e l'Université Paris-Saclay Préparée à l'Université de Versailles Saint-Quentin-En-Yvelines. Ecole doctorale n°578 "Sciences de l'Homme et de la Société (SHS)", spécialité géographie, 353 p
- Diouf René Ndimag, Dacosta Honoré, Faye Tassé, 2019. Urbanisation et inondation dans le bassin versant de la grande Niaye de Pikine (Dakar-Sénégal). *Akofena-Revue scientifique des Sciences du Langage, Lettres, Langues & Communication*, 1(01), 89-102.
- Douglas, Ian., Alam Kurshid., Maghenda, Maryanne, McDonnell, Yasmin, McLean, Louise, & Campbell, Jack, 2008. Unjust waters: Climate change, flooding and the urban poor in Africa. *Environment and Urbanization*, 20(1), 187-205. <https://doi.org/10.1177/0956247808089156>
- Durand Paul, Anselme Brice & Thomas Yves François, 2010. L'impact de l'ouverture de la brèche dans la langue de Barbarie à Saint-Louis du Sénégal en 2003 : un changement de nature de l'aléa inondation?. *Cybergeog: European Journal of Geography*.

- Gaudart Jean Touré Ousmane, Dessay, Nadine, Dicko, Alassane., Ranque, Stéphane, Forest, Loic , Demongeot Jacques, & Doumbo Ogobara K., 2009. Modelling malaria incidence with environmental dependency in a locality of Sudanese savannah area, Mali. *Malaria Journal*, 8, Article 61. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-61>
- Gouvernement du Sénégal et al., 2010. *Rapport d'évaluation des besoins post-catastrophe : Inondations urbaines à Dakar 2009*.
- Hallegatte Stephane, Green Colin, Nicholls Robert James, & Corfee-Morlot Jan, 2013. Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3(9), 802-806. <https://doi.org/10.1038/nclimate1979>
- IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Kane Alioune, 1997. L'après barrage dans la vallée du fleuve Sénégal Modification hydrologique, morphologiques, géochimiques et sédimentologiques. Conséquences sur le milieu naturel et les aménagements hydro-agricoles. Thèse de doctorat d'Etat de Géographie physique, UCAD, 551 p.
- Kane Alioune, 2002. Crues et inondations dans la basse vallée du fleuve Sénégal. D. Orange et al. eds. *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales*. Paris, pp197-208.
- Keiser Jennifer, Utzinger Jürg, Caldas de Castro Marcia, Smith Thomas A., Tanner Marcel, & Singer Burton H., 2004. Urbanization in sub-Saharan Africa and implication for malaria control. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71(2 Suppl.), 118-127. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2004.71.118>
- Klinkenberg, Eveline, McCall, P. J., Wilson Michael D., Amerasinghe Felix P., & Donnelly Martin J., 2008. Impact of urban agriculture on malaria vectors in Accra, Ghana. *Malaria Journal*, 7, 151. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-151>
- Machault Vanessa, Vignolles Cécile, Borchs François, Vounatsou Pénélope, Pagès Frédéric, Briolant Sébastien, Lacaux Jean-Pierre, & Rogier Christophe 2011. The use of remotely sensed environmental data in the study of malaria. *Geospatial Health*, 5(2), 151-168. <https://doi.org/10.4081/gh.2011.167>
- Meerow Sara, Newell John Philip, & Stults Missy, 2016. Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Ndao Mariétou, 2012. Dynamiques et gestion environnementales de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès et Saint-Louis). Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, 370 p
- Ngom M. Sy I., Mbengue R. et Diène Aminata Niang, 2023. Etude géographique de la dynamique de la morbidité palustre dans la commune de Djiddah Thiaroye Kao (Pikine-Sénégal). *Revue de géographie du laboratoire Leïdi « Dynamiques des territoires et développement »*, Université Gaston Berger, Saint-Louis-Sénégal, p 143-162.
- Omoyeni Bayode, 2026. *Governing Flood Risk in West African Cities: A Comparative Analysis of Institutional Frameworks in Lagos, Accra, and Dakar Against Sendai Framework Priority 2 Benchmarks* (March 16, 2026). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=6466118> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.6466118>
- Pelling Mark, 2003. *The vulnerability of cities: Natural disasters and social resilience*. London: Earthscan Publications; 212 p.
- Robert Vincent, Macintyre Kate, Keating Joseph, Trape Jean-François, Duchemin Jean-Bernard, Warren McWilson, & Beier John C, 2003. Malaria transmission in urban sub-Saharan Africa. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 68(2), 169-176.

Schaer Caroline, Thiam Mame Demba & Nygaard Ivan, 2018. Flood management in urban Senegal: an actor-oriented perspective on national and transnational adaptation interventions. *Climate and Development*, 10 (3), p 243-258

Sy Boubou Aldiouma, Alonso Bilbao Ignacio, Sy Amadou Abou, Sanchez Perez Isora et Rodriguez Valido Silvia, 2013. Résultats du suivi 2010-2012 de l'évolution de la brèche ouverte sur la Langue de Barbarie au Sénégal et de ses conséquences. *Physio-Géo*, 7, 223-242.

Trape Jean François, Lefebvre-Zante Evelyne, Legros, Fabrice, Ndiaye Gora, Bouganali, Hilaire, Druille, Pierre, & Salem Gérard, 1992. Vector density gradients and the epidemiology of urban malaria in Dakar, Senegal. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 47(2), 181-189. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1992.47.181>

The New Humanitarian Journalism from the heart of crises, 2006. Etat des lieux du plan "Jaxaay", après les inondations de 2005. Consulté le 27 mars 2024 à 17H25. <https://www.thenewhumanitarian.org/fr/actualit%C3%A9s/2006/12/21/etat-des-lieux-du-plan-jaxaay-apr%C3%A8s-les-inondations-de-2005>

World Bank, 2016, February 3. Sustainably managing flood risks in Dakar's outer suburbs. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/02/03/sustainably-managing-flood-risks-in-dakars-outer-suburbs>

World Health Organization (WHO), 2023. World malaria report 2023. Geneva: World Health Organization. ISBN 978-92-4-008617-3. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240>