

Numéro 5 - Décembre 2024

INONDATIONS EN AFRIQUE DE L'OUEST

*Entre aménagements
et changements
climatiques*



INONDATIONS EN AFRIQUE DE L'OUEST

Entre aménagements et changements climatiques



Revue Espaces et Sociétés en Mutations

Département de Géographie

Numéro 5 - Décembre 2024

INONDATIONS EN AFRIQUE DE L'OUEST

Entre aménagements et changements climatiques



ISSN : 0850-1254

© L'HARMATTAN-SÉNÉGAL, 2025
10 VDN, Sicap Amitié 3, Lotissement Cité Police, DAKAR

senharmattan@gmail.com
senlibrairie@gmail.com

ISBN : 978-2-336-52602-7
EAN : 9782336526027

PRESENTATION DE LA REVUE

La revue *Espaces et Sociétés en Mutation* a été créée en 2015. Elle est éditée par le Département de Géographie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Son comité scientifique est essentiellement constitué d'enseignants-chercheurs et de chercheurs des universités et centres de recherche du Sénégal ainsi que de certains pays d'Afrique et d'Europe. En privilégiant l'espace, elle offre une plateforme à un ensemble de disciplines qui tentent de mieux comprendre l'organisation de l'espace géographique. Elle publie ainsi une diversité de réflexions soumises par des contributeurs de divers horizons. Les numéros sont thématiques ou ouverts à une pluralité de thèmes d'intérêt scientifique ou pratique. Des numéros spéciaux permettent de diffuser des textes sur les questions du moment.

RESUME

Ce numéro rassemble des réflexions sur la question des inondations en Afrique de l'Ouest en général et au Sénégal en particulier. Le phénomène d'inondations est considéré comme un aléa, qui se manifeste par l'augmentation du niveau d'eau, dépassant les cotes habituelles. Il s'agit d'un phénomène naturel dans les écosystèmes notamment fluviaux ou littoraux. Il devient un risque lorsqu'il rend vulnérables les populations et les biens matériels et de ce point de vue les enjeux humains, économiques et environnementaux restent énormes.

Les différentes contributions compilées ici, démontrent les caractéristiques de divers territoires favorisant le risque d'inondation. Elles mettent en exergue l'essor de l'urbanisation en particulier, qui augmente les surfaces imperméables dans les villes, constituant ainsi un facteur d'aggravation des inondations. Elles abordent également les dommages ou préjudices que subissent les populations, mais aussi les nombreux défis relatifs à la gestion des inondations.

LIGNE EDITORIALE

Espaces et Sociétés en Mutation est une revue annuelle pluridisciplinaire, éditée par le Département de Géographie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Elle a pour vocation de participer à la diffusion des travaux de recherche en relation avec les questions de société et de développement.

La revue Espaces et Sociétés en Mutation est ainsi consacrée à la publication d'articles dont l'objet relève des sciences humaines, sociales, naturelles et environnementales, avec un intérêt particulier pour la temporalité et les dimensions socio-spatiales et/ou territoriales. La revue publie également des notes de lecture et des comptes rendus d'entretien relatifs aux dynamiques spatiales, aux territorialités, aux frontières, réseaux et pôles, à l'épistémologie, etc. Elle souhaite ainsi contribuer à la compréhension des modèles théoriques et des outils conceptuels appliqués à toutes les échelles, du global au local.

La revue privilégie la recherche en géographie, en français principalement, mais ce positionnement linguistique n'est pas exclusif. Espaces et Sociétés en Mutation peut également publier des articles en anglais.

Les auteurs qui publient dans la revue Espaces et Sociétés en Mutation sont essentiellement des universitaires et/ou des chercheurs. La revue publie aussi bien des chercheurs connus et confirmés que de jeunes docteurs et doctorants. Son accès reste gratuit. La gratuité du contenu en fait un des éléments clés devant permettre son ouverture à un lectorat de pays à moindre niveau de vie. Au-delà du monde francophone, la revue, en publiant aussi en anglais, entend bien, de ce point de vue, toucher un public plus étendu.

Espaces et Sociétés en Mutation est publiée, à la fois, sous format papier et en ligne. Chaque article soumis est évalué par deux membres du Comité scientifique.

DIRECTRICE DE PUBLICATION

Diatou THIAW NIANE, Département Géographie (UCAD)

COMITÉ SCIENTIFIQUE

BIGOT Sylvain	Université de Grenoble (France)
BLIVI Adoté Blim	Université de Lomé, CGILE (Togo)
BOKO Michel	Université de Cotonou (Bénin)
DIA Anta TAL	Institut de Santé et Développement (ISED-UCAD)
DIAW Amadou Tahirou	Département de Géographie (UCAD)
DIENG Cheikh Ahmadou	Département d'Anglais (UCAD)
DIOF Amadou	Département de Géographie (UCAD)
DIOF Boubacar	Département de Lettres Classiques (UCAD)
DIOF Oumar	Section de Géographie (UGB)
DUBOIS Jean-Luc	Institut de Recherches pour le Développement (France)
FAYE Ousmane	Département de Biologie Animale (UCAD)
FAYE Serigne	Département de Géologie (UCAD)
GAYE Amadou Thierno	ESP, LPAO-SF (UCAD)
GAYE Cheikh Bécaye	Département de Géologie (FST-UCAD)
GUISSE Aliou	Département de Biologie Végétale (UCAD)
GOULA BI TIE Albert	UFR SGE, Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire)
HANDSCHUMACHER Pascal	Université de Strasbourg (France)
KANE Alioune	Département de Géographie (UCAD)
LY Ibrahima	Faculté des Sciences Juridiques et Politiques (UCAD)
MBENGUE Ramatoulaye Diagne	Département de Philosophie (UCAD)
MBAYE Ahmadou Aly	FASEG (UCAD)
MBOW Lat Soucabé	Département de Géographie (UCAD)

MIOSSEC Jean-Marie	UFR de Géographie, Université Paul-Valéry Montpellier (France)
MORIN Serge	Université Michel de Montaigne de Bordeaux (France)
NDAO Mor	Département d'Histoire (UCAD)
NDIAYE Aminata	Département de Géographie (UCAD)
NDIAYE Lamine	Département de Sociologie (UCAD)
NIANG Isabelle	Département de Géologie (UCAD)
OUEDRAOGO François Charles	Département de Géographie (Burkina Faso)
PECH Pierre	UFR de Géographie, Université de Paris Panthéon Sorbonne (France)
SALEM Gérard	Département de Géographie, UPO-Nanterre (France)
SALL Mamadou Moustapha	Département de Géographie (UCAD)
SENE Ousmane	Département d'Anglais (UCAD)
SINSIN Brice	Université Abomey-Calavi (Bénin)
TABEAUD Martine	UFR de Géographie, Université Paris Panthéon Sorbonne (France)
VANDERLINDEN Jean Paul	CEARC, Université de Versailles Saint-Quentin (France)

COMITÉ DE LECTURE

BELKACEM Labii	Université de Constantine (Algérie)
CAMARA Amadou	FASTEF (UCAD)
DIARA Maryline	Département de Géologie (UCAD)
DIONE Jacques André	Centre de suivi écologique (CSE)
DIOP Ibrahima Thione	FASEG (UCAD)
DIOUF Bachir	Département de Géologie (UCAD)
FAYE Sylvain Landry	Département de Sociologie (UCAD)

KOFFI Brou Emile	Université Alassane Ouattara de Bouaké (Côte d'Ivoire)
SAGNA Pascal	Département Géographie (UCAD)
SAMBOU Bienvenu	Institut des Sciences de l'Environnement/FST (UCAD)
SOW Amadou Abdoul	Département de Géographie (UCAD)
SY Oumar	Département de Géographie (UASZ)
THIAM Mame Demba	Département de Géographie (UCAD)

COMITÉ D'EDITION

NIANE Diatou Thiaw, DIOP Cheikh, DACOSTA Honoré, FATY Abdoulaye, DIONGUE Momar, NGOM Mame Cheikh, DIENE Aminata NIANG, FALL Awa Niang, BENGHA Agnès Daba Thiaw, Cisse Birane, FAYE Guilgane, FAYE Babacar, FAYE Cheikh Ahmed Tidiane, GAYE Ndiokou, KANE Ahmadou Fadel, KANE Alioune, MENDY Anastasie, DIAGNE Abdoulaye, DIALLO Mohamadou Mountaga, DIAW AmadouTahirou, DIOUF Ibrahima FAYE, NDIAYE Aminata, NDIAYE Paul, NDIAYE Ramatoulaye Mbengue, DIONE Diène, DIOP Amadou, DIOP Ndiacé, DIOP Yakham, DIOUF Edmée Mbaye, POUYE Ndèye Ngom, SAGNA Pascal, SAKHO Papa, SAMBOU Pierre Corneille, SOUMARE Mame Arame, SOW Seydou Alassane, SY Amadou Abou, SY Ibrahima, SYLLA Ibrahima, BA Alioune, CISS Gorgui, THIAM Mame Demba, TIMERA Mamadou Bouna, WADE Salimata. BADIANE Sidia Diaouma, YADE Madiop, NDIAYE Marème NIANG, THIOR Mamadou, NDIAYE Néné DIA, SENGHOR Diarra Bousso.

COORDINATION DE LA REVUE

Aminata NIANG-DIENE et Awa NIANG-FALL

Département de Géographie (UCAD)

EDITORIAL

La problématique des inondations en Afrique de l'Ouest reste une préoccupation majeure. En effet, les pluies extrêmes et les crues affectent les milieux, les populations et les activités. Les prévisions climatiques d'une baisse des quantités pluviométriques dans le Sahel occidental et d'une augmentation dans le Sahel central et sur les côtes du Golfe de Guinée (Belle et al., 2016 ; GIEC, 2021) montrent que les variations interannuelles constituent toujours une donnée à prendre en compte dans l'analyse des vulnérabilités en Afrique de l'Ouest.

La compréhension des effets des changements climatiques sur les milieux nécessite un examen de la diversité des espaces et des moyens d'existence en Afrique de l'Ouest. Les réponses apportées par les autorités et les populations locales sont variées. Elles concernent les digues de protection, les systèmes d'évacuation des eaux pluviales, la planification urbaine, l'aménagement des territoires, la cartographie des sites vulnérables, les innovations technologiques. L'évaluation de la pertinence de ces réponses permettrait de mieux mutualiser les pratiques et de favoriser les échanges d'expériences.

Selon la Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest, une politique régionale de l'eau doit permettre de gérer durablement les catastrophes naturelles et anticiper les impacts des changements climatiques (CEDEAO, 2008). Par son caractère transversal, les inondations perturbent beaucoup de secteurs. Les conditions d'habitation constituent un facteur décisif dans la survenue des inondations. Elles expliqueraient les lourdes conséquences dans les villes. Les conséquences de ces perturbations sur le cadre de vie et les activités socioéconomiques restent au cœur de la réflexion exposées dans ce numéro. Les inondations affectent les actifs physiques (logements et services sociaux de base), financiers, sociaux et économiques des ménages (Cissé, 2018).

Ce numéro présente des travaux originaux sur le caractère récurrent des inondations et corrélé aux changements climatiques. Il est également

admis que l'insuffisance de la planification du développement des établissements humains, expose l'habitat aux risques d'inondation. Les infrastructures sont également très vulnérables aux inondations et peuvent être endommagés. Cela pose des enjeux majeurs sur la pertinence de leur construction, de leur emplacement ou de leur efficacité. Les impacts socio-économiques ainsi que les problèmes de santé liés aux inondations ont été examinés.

Editorial signé par

Diatou THIAW NIANE, Directrice de la revue ESM

Aminata NIANG DIÈNE, Coordinatrice de la revue

Awa NIANG FALL, Coordinatrice de la revue

SOMMAIRE

ANALYSE MULTICRITÈRE DES RISQUES D'INONDATION AU NIVEAU DES BASSINS VERSANTS DU PÔLE URBAIN DE DIAMNIADIO : DÉVELOPPEMENT D'UN INDICE D'INONDABILITÉ SPATIALISÉ (2IS)..... 19

Mamadou DIALLO, Abou DIA, Edouard DIOUF,
Adrien COLY, Angèle Daba FAYE

CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DANS L'ARRONDISSEMENT COMMUNAL NIAMEY V AU NIGER 41

Hamidou MAMANE HASSANE, Charles Côm lan HOUNTON,
Ramane A. ABDOULAYE,

L'ACTION PUBLIQUE FACE AUX DÉFIS DES INONDATIONS À DAKAR, SÉNÉGAL..... 69

MENDY Anastasie, THIAW Ibrahima, FAYE Cheikh, DACOSTA
Honoré, DESCROIX Luc

VULNÉRABILITÉ DES TERRITOIRES AUX INONDATIONS : ANALYSE SOCIOÉCONOMIQUE ET SANITAIRE DANS LA COMMUNE DE MBOUR 99

Diatou THIAW NIANE, Sidia Diaouma BADIANE, Daouda
Mouhamed DIOP, Maguette THIAO, Jean Paul VANDERLINDEN

PERCEPTION SOCIALE DE LA GESTION DES INONDATIONS DANS LES PERIPHERIES URBAINES DE DAKAR : LE CAS DE LA CITE CAMILLE BASSE (DEPARTEMENT DE KEUR MASSAR) 135

Saturnin Bonaventure NGOM, Abdoulaye FATY,
Waly FAYE, Awa Niang FALL

**CARTOGRAPHIE DU RISQUE D'INONDATION PLUVIALE
DANS LE BASSIN VERSANT DE LA VILLE DE KAFFRINE
AU SÉNÉGA..... 153**

Abel Vincent MANGA, Honoré DACOSTA,
Lenni MERTENS, Jérôme CHAMOIN, Boubacar CISSE,
Amadou Abdoul SOW et El Hadj Salif DIOP (†)

**FACTEURS DU MAUVAIS FONCTIONNEMENT DES
UNITES HYDROLOGIQUES AVANT LA MISE EN PLACE
DE L'AUTOROUTE A PEAGE DAKAR-DIAMNIADIO :
EXAMINATION DES CAUSES DES INONDATIONS 173**

El hadj Abdou Karim KEBE,
Mouhamed DANGOURA, Matar SYLLA

**ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL
ET DE LA VULNERABILITE AUX INONDATIONS :
CAS DE GRAND-YOFF (DAKAR, SENEGAL) 193**

Ibrahima SYLLA, Hapsatou BA, Moustapha SAMBA NDIAYE

**QUANTIFICATION DES PERTES EN TERRES PAR
L'EROSION HYDRIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE
SOGUI-OGO (NORD DU SENEGAL) PAR LE MODELE USLE
..... 215**

Seydou Alassane SOW

ANALYSE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL ET DE LA VULNERABILITE AUX INONDATIONS : CAS DE GRAND-YOFF (DAKAR, SENEGAL)

Ibrahima SYLLA, Département de géographie – Université Cheikh Anta Diop,

Hapsatou BA, Institut SABDARIFA,

Moustapha SAMBA NDIAYE, Institut SABDARIFA

Résumé

Les inondations urbaines, exacerbées par une urbanisation rapide et non planifiée, constituent un défi majeur pour les villes africaines. Cet article analyse les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation du sol et leur impact sur la vulnérabilité aux inondations dans la commune de Grand-Yoff (Dakar, Sénégal). La classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance a permis de réaliser les cartes d'occupation du sol de 2000 ; 2010 ; 2022. Pour une bonne prise en charge des aspects socio-économiques, une enquête de terrain a permis de cartographier les niveaux de vulnérabilité et d'évaluer les lacunes du système de drainage.

Les résultats montrent une urbanisation rapide (+64,3 % des surfaces bâties) au détriment des terres agricoles et sols nus, entraînant une imperméabilisation accrue des sols et une concentration des inondations dans les zones basses (40 % du territoire).

En perspectives, l'étude met en avant l'importance des outils géomatiques pour une gestion proactive et durable des inondations en milieu urbain

Mots-clés : inondations urbaines, SIG, analyse diachronique, vulnérabilité, Dakar

Abstract

Urban flooding, exacerbated by rapid and unplanned urbanization, poses a major challenge for African cities. This article analyzes the spatio-temporal dynamics of land use and their impact on flood vulnerability in the Grand-Yoff municipality

(Dakar, Senegal). Supervised classification using the maximum likelihood method was employed to produce land use maps for the years 2000, 2010, and 2022. To effectively address socio-economic aspects, field surveys were conducted to map vulnerability levels and assess the shortcomings of the drainage system.

The results show rapid urbanization (+64.3% of built-up areas) at the expense of agricultural land and bare soils, leading to increased soil impermeability and a concentration of flooding in low-lying areas (40% of the territory).

Looking ahead, the study highlights the importance of geomatic tools for proactive and sustainable flood management in urban environments.

Keywords: urban flooding, GIS, diachronic analysis, vulnerability, Dakar

1. INTRODUCTION

Les inondations urbaines représentent l'un des principaux défis environnementaux et sociaux des villes en Afrique subsaharienne, exacerbés par les changements climatiques et les pressions démographiques croissantes. Ces phénomènes, associés à une urbanisation rapide et souvent non planifiée, provoquent des impacts dévastateurs sur les infrastructures, l'économie locale et la santé publique des populations vulnérables (Nouaceur, 2020 ; GIEC, 2022). Dakar, capitale sénégalaise, illustre cette problématique, avec des épisodes d'inondations récurrents affectant particulièrement les zones densément peuplées comme Grand-Yoff.

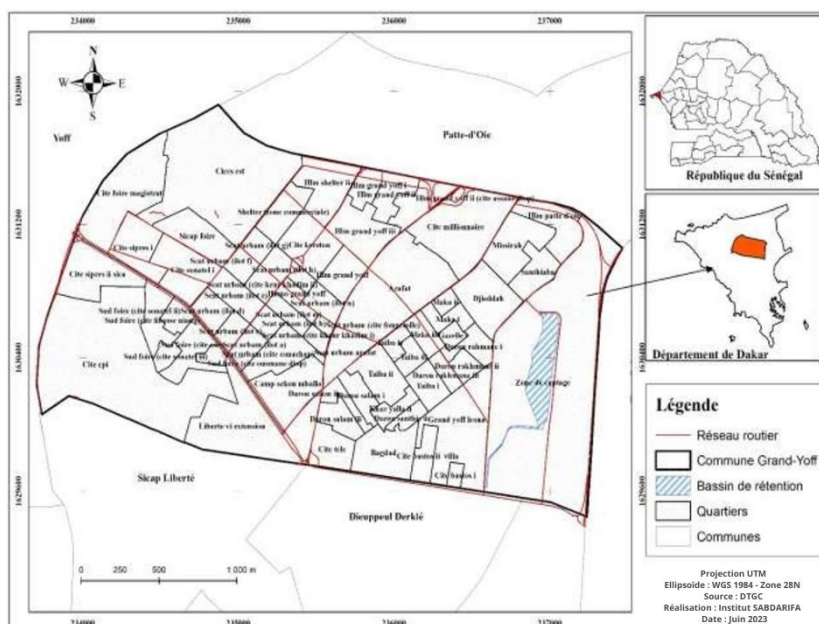
L'urbanisation dans les villes ouest-africaines, bien qu'associée à des opportunités de développement, s'accompagne souvent de déficits criants en infrastructures de drainage et d'une occupation anarchique des zones inondables (Ambroise, 1998 ; Ndoye, 2011). Ces dynamiques, combinées à des conditions topographiques et pédologiques spécifiques, augmentent la vulnérabilité aux inondations urbaines, comme l'ont démontré plusieurs études antérieures (Konaté, 2011 ; Leclercq et al., 2023). Cependant, malgré les nombreuses recherches menées sur la vulnérabilité aux inondations dans cette région, leur portée reste souvent limitée à des méthodologies traditionnelles ou à des évaluations qualitatives (Feloni et al., 2020 ; Muñoz Pérez et al., 2021).

Par exemple, des travaux récents ont appliqué des méthodes géomatiques combinant analyse diachronique et évaluation multicritère dans des contextes similaires, tels que ceux d'Agboville en Côte d'Ivoire (Kangah et al., 2023) ou de la région de Pikine et Guédiawaye au Sénégal (Ndoye, 2011). Ces études mettent en lumière l'efficacité des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de la télédétection pour identifier les zones vulnérables et modéliser les aléas hydrologiques. Cependant, leur application à des environnements urbains densément peuplés comme Grand-Yoff, avec ses spécificités sociales et géographiques, demeure sous-explorée.

Face à ces lacunes, les outils géomatiques offrent un potentiel important pour cartographier les zones vulnérables, modéliser les aléas hydrologiques et orienter les politiques de gestion des risques (Feloni et al., 2020 ; Muñoz Pérez et al., 2021). Ces technologies permettent d'analyser les transformations spatio-temporelles du territoire tout en intégrant des paramètres environnementaux et anthropiques pour une évaluation holistique de la vulnérabilité.

Dans ce contexte, cet article propose une méthodologie combinant analyse diachronique pour évaluer la vulnérabilité aux inondations dans la commune de Grand-Yoff. Cette approche mobilise des données satellitaires, des enquêtes de terrain et des outils SIG pour répondre à trois objectifs principaux : (1) analyser les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation du sol entre 2000 et 2022, (2) identifier et hiérarchiser les facteurs de vulnérabilité aux inondations, et (3) formuler des recommandations opérationnelles pour une gestion plus efficace des risques.

Grand-Yoff, située dans le département de Dakar, constitue un exemple emblématique des défis posés par l'urbanisation rapide dans les villes ouest-africaines. S'étendant sur une superficie de 4,5 km², la commune abrite une population estimée à 350 000 habitants en 2022, faisant d'elle l'une des communes les plus densément peuplées de la région. Cette pression démographique s'accompagne d'une urbanisation non planifiée, caractérisée par une augmentation des surfaces imperméabilisées et une occupation croissante des zones basses.



Carte 1 : Situation géographique de la commune de Grand-Yoff

La topographie particulière de Grand-Yoff, marquée par des dépressions inter-dunaires et des pentes faibles, favorise l'accumulation des eaux pluviales. Environ 40 % de sa superficie se situe à une altitude inférieure à 10 mètres, rendant ces zones particulièrement vulnérables aux inondations récurrentes durant la saison des pluies (juillet-septembre). Ces épisodes d'inondation ont des conséquences directes sur les infrastructures, l'habitat et les conditions de vie des populations.

Ces spécificités font de Grand-Yoff un terrain d'étude pertinent pour explorer les dynamiques spatio-temporelles de l'urbanisation et leur impact sur la vulnérabilité aux inondations. Elles permettent également d'analyser les interactions complexes entre facteurs physiques, anthropiques et hydrologiques, tout en proposant des recommandations pour une gestion plus efficace et résiliente des risques.

2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

L'approche méthodologique adoptée a consisté à des analyses et interprétations des données, incluant la collecte de données spatio-environnementales et l'évaluation des modes d'occupations du sol.

2.1. Présentation des données et outils

Dans le cadre de cette étude visant à analyser les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation du sol et leur impact sur la vulnérabilité aux inondations en milieu urbain, spécifiquement dans la commune de Grand-Yoff à Dakar, un ensemble de données socio-environnementales a été mobilisé et traité à l'aide d'outils spécifiques (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des données mobilisées et outils de traitement utilisés dans l'étude

Types de données	Variables	Années d'acquisitions	Sources	Outils de traitement
Hydro-météorologiques	Précipitations	2000-2022	ANACIM	ArcGIS, ENVI
	Températures	2000-2022	ANACIM	ArcGIS, ENVI
Données SIG	Limites administratives	2022	ANAT	ArcGIS
	Voiries	2022	ANAT	ArcGIS
États de surfaces	Occupation du sol (bâti, végétation)	2000, 2010, 2022	LandSat (7, 8, 9)	ENVI, ArcGIS
	NDVI (indice de végétation)	2000, 2010, 2022	LandSat (7, 8, 9)	ENVI
Socio-économiques	Population	2022	ANSD, enquêtes terrain	KoboCollect, ArcGIS
	Infrastructure de drainage	2022	Google Earth, enquêtes terrain	GPS Garmin, KoboCollect, ArcGIS
Pédologiques et topographiques	Types de sols	2022	Institut National de Pédologie (INP)	ArcGIS, ENVI
	Altitude (relief)	2022	ASTER GDEM	ENVI

2.2. Méthode

Cette étude repose sur une approche méthodologique centrée sur l'algorithme de classification par le maximum de vraisemblance, choisi

pour analyser les dynamiques de l'occupation du sol dans le contexte des inondations à Grand-Yoff. Cette démarche combine une synthèse bibliographique approfondie à l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG), offrant une analyse détaillée des transformations spatiales et des risques liés aux inondations.

Le prétraitement des images satellitaires comprend :

- Rééquilibrage des contrastes via un étalement dynamique ;
- harmonisation des histogrammes des scènes pour réduire les variations dues aux dates d'acquisition ;
- géo-référencement, basé sur le système WGS-84 et la projection UTM Zone 28 Nord ;
- permettant une intégration précise des données dans un référentiel spatial homogène.

Ces prétraitements ont produit une image homogène et précise de la zone d'étude. L'analyse s'appuie sur l'évaluation des surfaces d'occupation du sol, réalisée à l'aide d'une méthode de classification supervisée. Une revue des travaux existants a permis de comparer différentes approches, notamment les classifications par Neurones, Markov, Parallélépipède et Maximum de Vraisemblance. Compte tenu des caractéristiques des données disponibles et du contexte d'étude, la méthode du Maximum de Vraisemblance (Maximum Likelihood) a été retenue. Elle a été renforcée par des connaissances terrain pour garantir une meilleure précision des résultats.

Cette méthode applique un traitement uniforme à chaque pixel, indépendamment des pixels voisins. L'algorithme calcule la probabilité qu'un pixel appartienne à une classe donnée et l'assigne à la classe ayant la probabilité maximale. Si aucune classe n'atteint un seuil de probabilité suffisant, le pixel est classé comme "inconnu".

Dans cette étude, les bandes Bleu, NIR (Infrarouge Proche) et Rouge ont été utilisées pour produire des indices tels que le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) et l'indice foliaire. Des zones

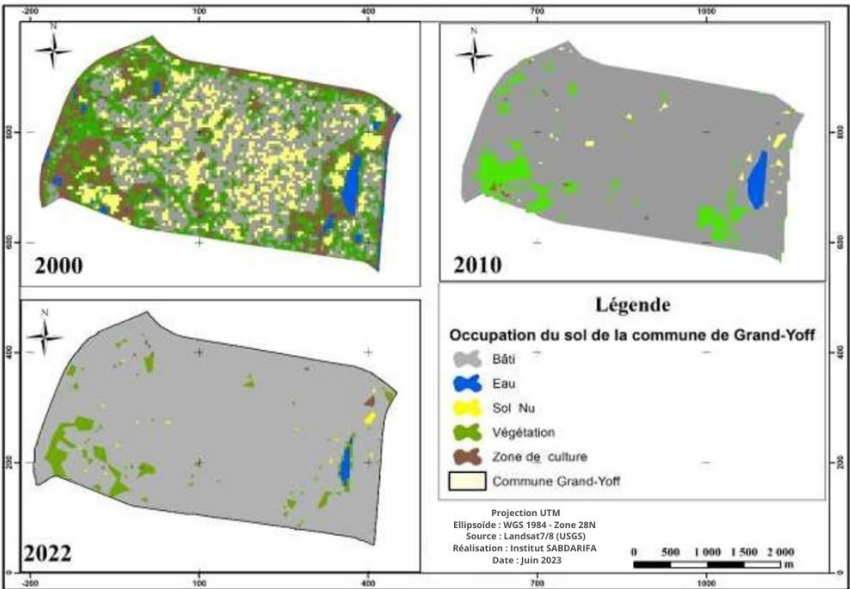
d'entraînement spécifiques ont été définies sur chaque image afin de construire des signatures spectrales fiables pour la classification.

Le Maximum de Vraisemblance a été choisi pour sa robustesse et sa capacité à gérer l'hétérogénéité de la zone d'étude. L'algorithme attribue les pixels en fonction de leur proximité au "centre de gravité" de chaque classe dans l'espace spectral.

3. PRESENTATION DES RÉSULTATS

3.1. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol

L'analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol dans la commune de Grand-Yoff, réalisée à partir d'images satellitaires (LandSat, Google Earth) pour les années 2000, 2010 et 2022, met en lumière une transformation rapide et radicale du paysage urbain. Comme l'a souligné Konaté A. (2011), cette évolution se caractérise par une densification urbaine significative, accompagnée d'une régression des espaces non bâtis et agricoles.



Carte 2 : Cartographie diachronique de l'occupation du sol à Grand-Yoff (2000, 2010, 2022)

Les cartes produites révèlent une expansion rapide des surfaces bâties au cours des années. En 2000, la superficie des zones bâties s'élevait à 250 hectares, représentant environ 45 % de la superficie totale de la commune. En 2022, cette proportion a atteint 550 hectares, soit une augmentation de 64,3 %. Cette urbanisation s'est principalement réalisée au détriment des terres agricoles et des sols nus. En effet, les terres agricoles, qui s'étendaient sur environ 90 hectares en 2000, ont totalement disparu en 2022. De plus, la superficie des sols nus a diminué de 33,4 %, passant de 100 hectares en 2000 à moins de 50 hectares en 2022.

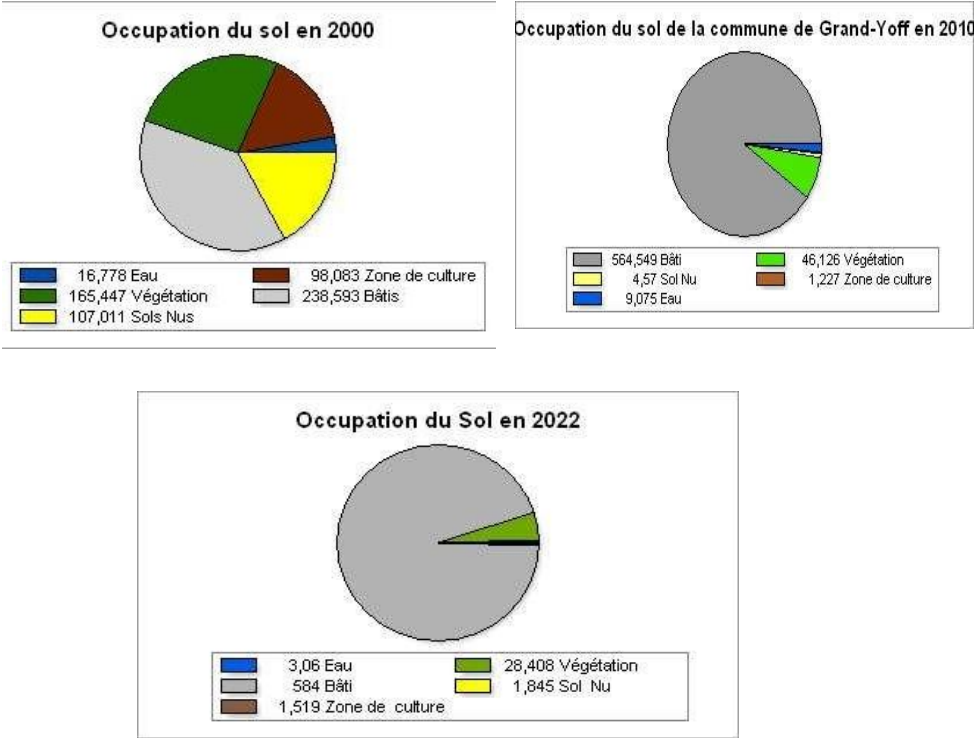


Figure 2 : Occupation du sol de Grand-Yoff en 2000 – 2010 et 2022

La répartition spatiale de ces évolutions indique que les dernières poches non bâties, situées principalement dans les parties nord-est et sud-ouest de la commune, ont été progressivement urbanisées. Ces changements témoignent d’une imperméabilisation croissante des sols, entraînant une quasi-disparition des surfaces perméables, essentielles à

l'infiltration des eaux pluviales. Les zones imperméabilisées, comprenant les routes, les parkings et autres infrastructures, se sont multipliées, contribuant ainsi à l'augmentation du ruissellement.

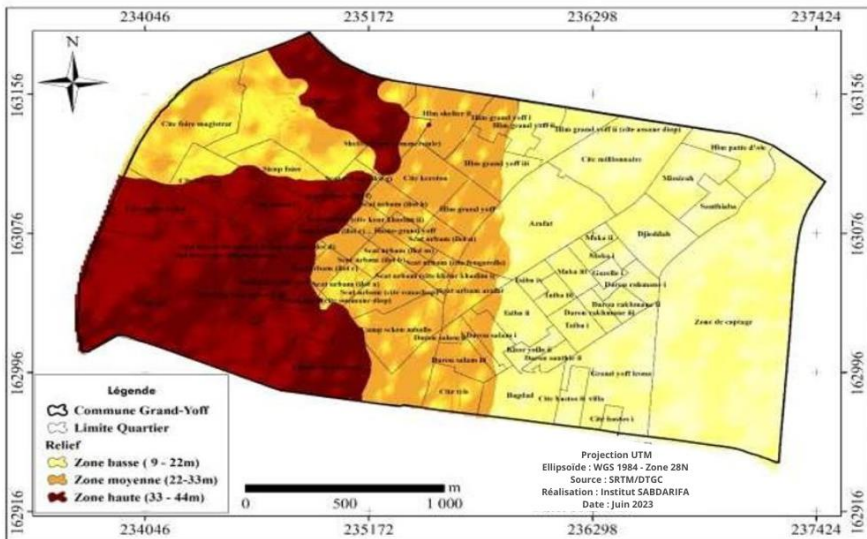
Cette dynamique spatio-temporelle reflète une pression démographique considérable sur un espace limité, aggravée par une urbanisation souvent non planifiée. La perte des espaces naturels et agricoles, associée à l'absence de mesures compensatoires pour la gestion des eaux pluviales, a exacerbé les risques d'inondation dans les zones déjà vulnérables.

3.2. Facteurs de vulnérabilité aux inondations

La vulnérabilité de Grand-Yoff aux inondations résulte d'une combinaison complexe de facteurs naturels et anthropiques, qui interagissent de manière synergique. L'analyse des caractéristiques physiques et des dynamiques humaines met en lumière les principales causes de cette vulnérabilité.

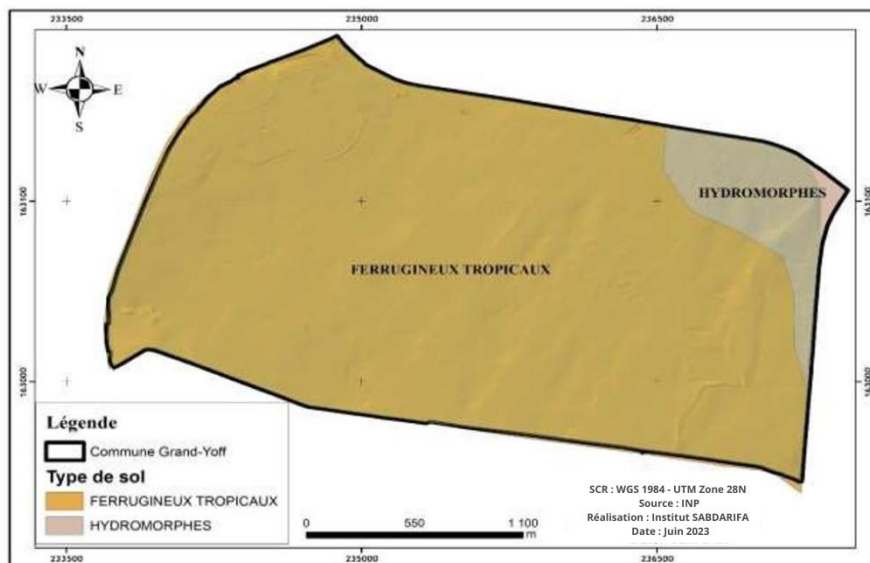
3.2.1. Caractéristiques physiques du territoire

Le relief de Grand-Yoff joue un rôle central dans sa sensibilité aux inondations. La commune est située dans une dépression inter-dunaire, appartenant à la région des "Niayes". Cette morphologie, caractérisée par un relief bas avec des altitudes variant entre 9 et 44 mètres, favorise la convergence et la stagnation des eaux pluviales. Les zones les plus basses, correspondant à des altitudes inférieures à 10 mètres, couvrent environ 40 % de la superficie communale et constituent des points critiques pour l'accumulation des eaux.



Carte 3 : Carte topographique du relief de Grand-Yoff, montrant les zones basses (<10 m)

Les sols hydromorphes, prévalent dans les dépressions, aggravent cette situation. Ces sols, qui sont saturés en eau de manière prolongée ou périodique, présentent une faible capacité d'infiltration, entraînant ainsi une augmentation considérable des volumes de ruissellement. De plus, les pentes faibles, inférieures à 5 %, limitent l'écoulement naturel des eaux vers les exutoires, contribuant ainsi à leur stagnation prolongée.



Carte 4 : Répartition des types de sols à Grand-Yoff, mettant en évidence les sols hydromorphes

3.2.2. Contributions anthropiques

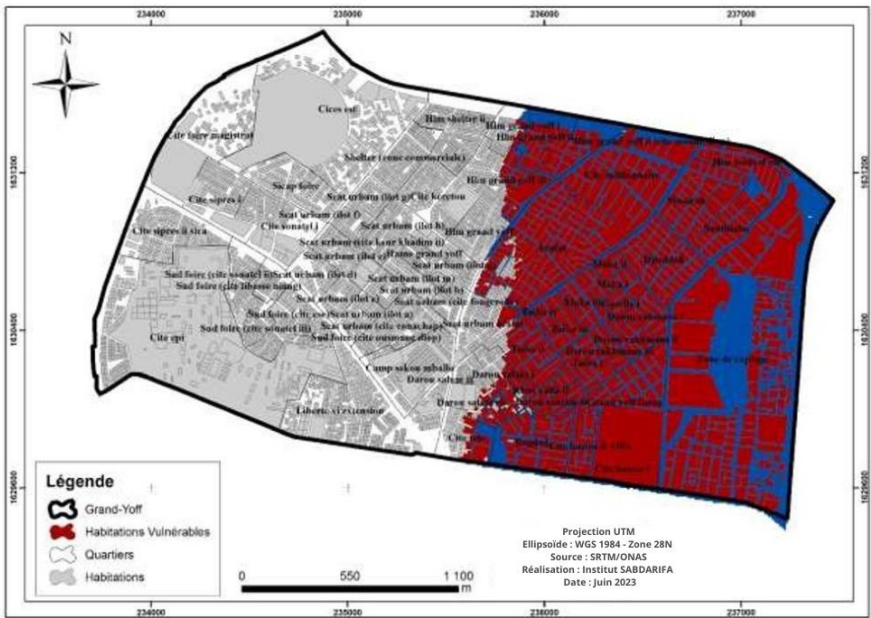
Les facteurs anthropiques exacerbent les contraintes naturelles. L'urbanisation rapide de Grand-Yoff, associée à une densification non maîtrisée, a profondément modifié le régime hydrologique de la commune. En 2022, 88 % de la superficie de la commune était couverte par des surfaces bâties, ce qui a réduit les capacités naturelles de rétention et d'infiltration des sols.

Cette urbanisation s'est accompagnée d'une occupation anarchique des zones basses, aujourd'hui largement habitées. L'analyse révèle que les infrastructures routières, souvent non revêtues, aggravent la situation en canalisant les écoulements vers les points bas déjà vulnérables. Ces écoulements, mal maîtrisés, augmentent la fréquence et la durée des inondations.

3.3. Cartographie de la vulnérabilité

Une superposition des caractéristiques physiques et anthropiques a permis de définir trois niveaux de vulnérabilité au sein de la commune :

- Vulnérabilité très élevée (environ 40 % du territoire) : zones basses combinant sols hydromorphes, forte densité urbaine et absence d'un réseau d'assainissement efficace ;
- Vulnérabilité moyenne (environ 45 % du territoire) : zones présentant des altitudes modérées (entre 10 et 20 mètres) et des pentes légères ;
- Vulnérabilité faible (environ 15 % du territoire) : points élevés bénéficiant d'un meilleur drainage naturel.



Carte de synthèse 5 : Niveaux de vulnérabilité aux inondations à Grand-Yoff (zones très élevées, moyennes, faibles)

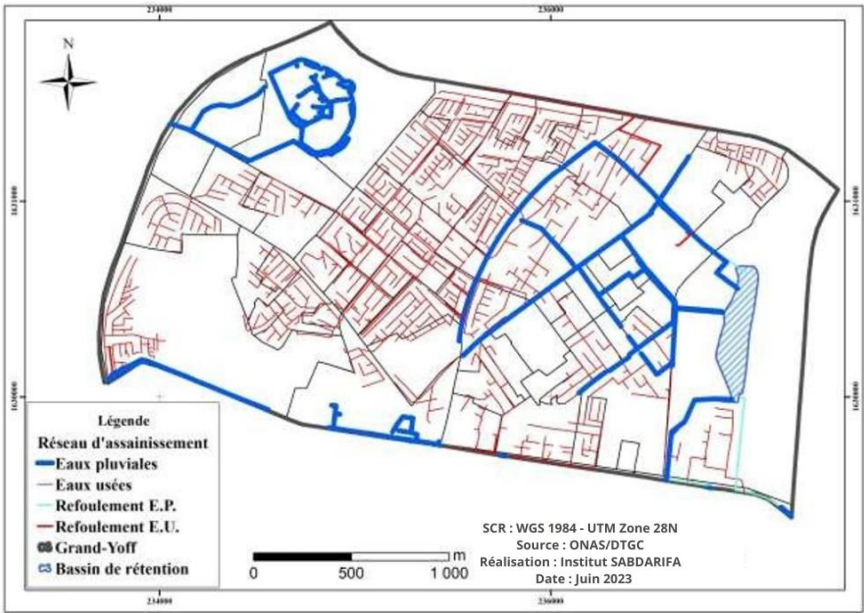
3.3.1 Évaluation du système de drainage

L'évaluation du système de drainage de Grand-Yoff met en évidence des insuffisances critiques, tant en termes de couverture que de fonctionnement. Ces lacunes, exacerbées par l'expansion

démographique et urbaine, limitent considérablement la capacité de la commune à gérer efficacement les eaux pluviales.

3.3.2. Couverture insuffisante

Le réseau d'assainissement pluvial est peu développé, en particulier dans les zones identifiées comme les plus vulnérables. Les cartes produites montrent une absence quasi totale de réseau dans le centre de la commune, où se concentrent pourtant les altitudes les plus basses et les sols les plus hydromorphes. Les infrastructures existantes se limitent principalement aux zones Nord-Ouest et Sud-Est de la commune.

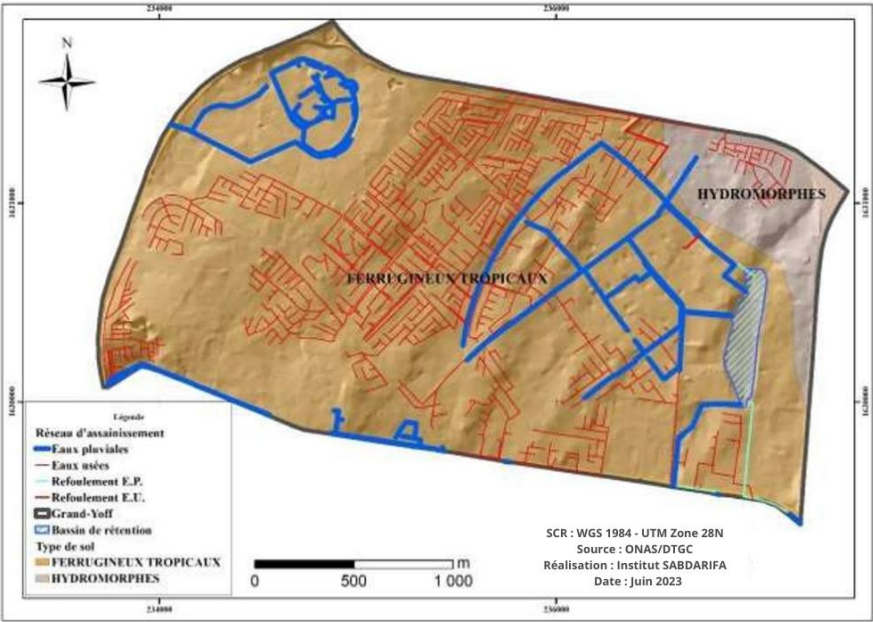


Carte 6 : Répartition du réseau d'assainissement des eaux pluviales à Grand-Yoff

3.3.3. Infrastructures peu performantes

Les infrastructures de drainage existantes souffrent d'un entretien irrégulier, ce qui compromet leur efficacité. Le curage des canalisations, qui est pourtant essentiel dans une commune sujette aux inondations, est rarement réalisé, principalement en raison de contraintes budgétaires et organisationnelles. Les obstructions

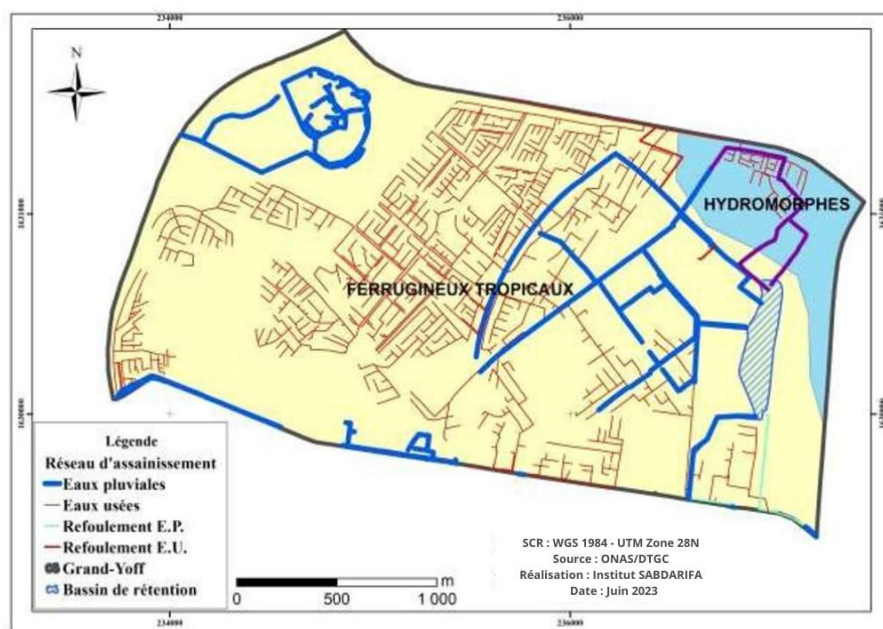
fréquentes, causées par des dépôts de sédiments et de déchets, réduisent de manière significative la capacité d'évacuation du réseau.



Carte 7 : Corrélation entre le réseau d'assainissement et les types de sols à Grand-Yoff

3.4. Conséquences hydrauliques

Lors des épisodes de fortes pluies, ces insuffisances se manifestent par des stagnations prolongées des eaux dans les zones basses, entraînant des dégâts considérables sur les infrastructures et les habitations. Les problèmes sont particulièrement préoccupants dans les quartiers dépourvus de systèmes de drainage efficaces, où les eaux peuvent stagner pendant plusieurs jours.



Carte 8 : Plan de gestion des inondations à Grand-Yoff, avec propositions de renforcement des infrastructures

4. DISCUSSION

4.1. Dynamique urbaine et vulnérabilité aux inondations

L'analyse diachronique de l'occupation du sol dans la commune de Grand-Yoff entre 2000 et 2022 révèle une transformation majeure du paysage urbain, caractérisée par une urbanisation rapide et une imperméabilisation croissante des sols. Cette dynamique s'inscrit dans un contexte plus large d'urbanisation non planifiée, affectant de nombreuses communes de la région dakaroise. Les résultats montrent que la superficie des surfaces bâties est passée de 250 hectares en 2000 à 550 hectares en 2022, soit une augmentation de 64,3 %. Parallèlement, les terres agricoles et les sols nus, qui servaient de zones tampons naturelles pour l'infiltration des eaux pluviales, ont disparu ou fortement diminué, aggravant ainsi les risques d'inondation.

Cette transformation spatiale est particulièrement préoccupante dans les zones de dépression naturelle, qui couvrent environ 40 % de la superficie de la commune. Ces zones, où les pentes sont faibles (inférieures à 5 %), ont été fortement urbanisées depuis 2000, rendant les populations résidentes particulièrement vulnérables aux inondations. L'imperméabilisation des sols, combinée à une urbanisation dans des zones basses naturellement exposées, souligne un manque criant de planification urbaine intégrée tenant compte des risques naturels.

Les données de cette étude confirment et approfondissent les travaux antérieurs, notamment ceux qui mettent en lumière le paradoxe de l'urbanisation dans les zones à risque. Cependant, en se basant sur une analyse diachronique rigoureuse des cartes et des données spatiales, nos résultats apportent une perspective actualisée, montrant que cette urbanisation anarchique s'est intensifiée au cours des deux dernières décennies. Ce phénomène est amplifié par des dynamiques socio-économiques, telles que la migration interne et le manque de régulation du foncier. De plus, ces résultats apportent un nouvel éclairage sur les impacts spécifiques de l'urbanisation rapide sur les dynamiques d'inondation, en utilisant une approche multi-sources qui permet une compréhension plus holistique des facteurs en jeu.

Les résultats suggèrent également une absence d'intégration des contraintes hydrologiques dans les politiques d'aménagement urbain. Alors que les zones basses nécessiteraient des protections ou des restrictions spécifiques, elles ont été les premières à être urbanisées. Cette situation met en lumière la nécessité d'un réexamen des politiques urbaines pour réduire les risques, notamment à travers une planification préventive et des mesures réglementaires visant à préserver les zones naturelles encore disponibles. En complément, des études de cas similaires dans d'autres communes de la région pourraient apporter des pistes concrètes pour une meilleure planification, notamment en tenant compte des initiatives de gestion durable dans des contextes urbains comparables.

4.2. Implications pratiques pour la gestion des inondations

Les résultats de cette étude ont des implications pratiques majeures pour la gestion des risques d'inondation à Grand-Yoff. En croisant les données sur l'occupation du sol, la topographie et le réseau d'assainissement, cette analyse a mis en évidence plusieurs points critiques nécessitant une intervention prioritaire.

Premièrement, l'analyse révèle que 40 % des zones identifiées comme vulnérables ne sont pas couvertes par le réseau d'assainissement existant. Cette lacune est particulièrement problématique dans les zones basses, où la concentration des écoulements accentue les risques d'inondation. Les infrastructures de drainage actuelles, principalement localisées dans les zones Nord-Ouest et Sud-Est, se révèlent insuffisantes pour répondre aux besoins d'un territoire en rapide expansion. La faible connectivité avec le bassin de rétention existant aggrave cette situation, limitant son efficacité en tant que solution de régulation.

Deuxièmement, l'étude met en lumière l'importance de mesures complémentaires pour renforcer la résilience urbaine face aux inondations. La création d'espaces de rétention temporaire dans les zones non encore urbanisées pourrait constituer une solution viable pour diminuer la pression sur le réseau de drainage. Ces espaces permettraient de gérer localement les volumes d'eau excédentaires tout en offrant des opportunités pour des projets d'aménagement multifonctionnels, tels que des espaces verts ou des zones agricoles urbaines.

Enfin, une gestion plus stratégique et intégrée des risques pourrait être appuyée par des initiatives de gouvernance participative, impliquant les populations locales et les acteurs privés dans les processus de décision. Ces stratégies devraient s'accompagner de campagnes de sensibilisation sur les bonnes pratiques de construction et la gestion des eaux pluviales.

Enfin, la gestion des inondations ne peut se limiter à une approche purement infrastructurelle. Nos résultats montrent que les interventions passées ont souvent été réactives et fragmentées, sans vision stratégique

globale. L'intégration des risques d'inondation dans les plans d'urbanisme, soutenue par les outils géospatiaux développés dans cette étude, pourrait transformer les pratiques actuelles et permettre une gestion plus proactive. Les futures recherches pourraient intégrer des méthodes d'analyse hydrodynamique plus sophistiquées, afin de modéliser les écoulements pluviaux en temps réel et d'identifier des scénarios de gestion optimaux.

5. CONCLUSION

Cette étude sur l'analyse des inondations à Grand-Yoff s'est fondée sur une approche géomatique, en particulier de télédétection, qui a permis d'apporter un éclairage nouveau sur la détermination des types d'occupation du sol dans la commune. L'utilisation de la télédétection a abouti à la création d'une base de données SIG intégrée, offrant des résultats significatifs tant sur le plan méthodologique que pratique.

L'analyse diachronique de l'occupation du sol entre 2000 et 2022 a révélé une transformation radicale du tissu urbain, caractérisée par une densification intensive dans les zones naturellement vulnérables aux inondations. Cette évolution, quantifiée grâce aux outils géomatiques, a montré l'impact considérable de l'urbanisation non contrôlée sur l'aggravation du risque d'inondation. La corrélation établie entre les caractéristiques pédologiques, la topographie et les zones d'accumulation d'eau a enrichi la compréhension des mécanismes d'inondation dans ce contexte spécifique.

Sur le plan méthodologique, l'approche développée représente une avancée significative dans l'analyse des risques d'inondation en milieu urbain dense. La création d'une base de données spatiale intégrée, combinant données satellitaires, relevés de terrain et informations socio-économiques, offre un cadre d'analyse robuste et reproductible. Bien que limitée par la résolution spatiale des images historiques, cette méthodologie ouvre la voie à des analyses plus fines avec l'intégration future de données à plus haute résolution.

Les implications pratiques de cette étude sont nombreuses. L'identification précise des zones vulnérables et la caractérisation des

insuffisances du réseau d'assainissement existant fournissent une base solide pour la planification des interventions futures. Les recommandations formulées, hiérarchisées selon leur urgence et leur faisabilité, proposent une approche intégrée combinant mesures structurelles et non structurelles.

En outre, la sensibilisation des acteurs locaux et des décideurs est essentielle pour traduire les résultats de cette étude en actions concrètes et durables. L'accès à des outils géospatiaux clairs, tels que les cartes synthétiques produites, peut jouer un rôle clé dans l'appropriation locale des stratégies de gestion des risques et dans la promotion d'une gouvernance plus proactive.

Cette recherche souligne également l'importance d'une refonte des approches de gouvernance urbaine. La nécessité d'une coordination renforcée entre les différents acteurs institutionnels et d'une intégration plus étroite entre planification urbaine et gestion des risques constitue un enjeu majeur. Les outils développés dans cette étude peuvent servir de support à cette nouvelle approche de la gestion urbaine.

Les perspectives ouvertes par ce travail sont nombreuses, tant sur le plan méthodologique que pratique. L'intégration de nouvelles sources de données, le développement de modèles prédictifs plus sophistiqués, et l'extension de l'approche à l'échelle métropolitaine constituent des pistes prometteuses pour des recherches futures.

En définitive, cette étude démontre la pertinence et l'efficacité des outils géomatiques dans l'analyse et la gestion des risques d'inondation en milieu urbain africain. Elle propose un cadre méthodologique robuste qui, tout en étant adapté aux spécificités locales de Grand-Yoff, reste applicable à d'autres contextes urbains similaires. Les résultats obtenus constituent une base solide pour l'élaboration de politiques urbaines plus résilientes, mieux adaptées aux défis posés par les changements climatiques et l'urbanisation rapide.

BIBLIOGRAPHIE

Ambroise, B. (1999). La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant : processus, facteurs, modèles (2e éd.). Paris, Éditions HGA. 200 pages.

Ba Matar, (2020). Caractérisation du bassin versant du canal IV de Dakar : Analyse de l'occupation du sol entre 1984, 2002 et 2020. Mémoire de maitrise de géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 70 pages

Diallo Fatimata Bintou, (2019). Apport de la télédétection et du SIG dans la gestion des inondations dans la zone de Bargny et Diamniadio /Sénégal ». Mémoire en science de gestion de l'environnement, Université, CAMPUS UNIVERSITAIRE OBAFEMI AWOLOWO, P.M.B : 5545, ILE-IFE, OSUN STATE, NIGERIA, 115p

Diop, M. S., Faye, C., & Ndiaye, A. (2023). Approche cartographique et participative pour la gestion des inondations dans la région de Dakar (Sénégal). *European Scientific Journal (ESJ)*, 19(9), 44-58. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n9p44>

Feloni, E., Mousadis, I., & Baltas, E. (2020). *Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach: The case of Attica region*. *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1), e12563. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12563>

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). (2022). Rapport d'évaluation sur le changement climatique et les systèmes urbains. Genève : GIEC.

Kangah, A., & Coulibaly, K. A. (2024). Application de la géomatique et de l'analyse multicritère à l'analyse du risque d'inondation dans la ville d'Agboville (Sud de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 20(23), 87. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n23p87>

Konaté Abdel Aziz, (2011). Contribution de la télédétection et des SIG dans la prévention des risques d'inondation dans l'arrondissement de Bogodogo (Burkina Faso), Thèse de doctorat, Campus Universitaire Obafemi Awolowo, 85p

Mendy Oupa Mama, (2022). Apport de la géomatique à la lutte contre l'insécurité dans la commune de Grand-Yoff, Projet de Brevet de Technicien Supérieur en géomatique, Institut Sabdarifa, 59p

Ndiaye, M. T., Diop, C. A., & Sarr, M. B. (2023). Cartographie des zones vulnérables aux inondations à l'aide des SIG : cas des quartiers périurbains de Dakar. *European Scientific Journal (ESJ)*, 19(9), 59-74. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n9p59>

Ndoye Awa, (2011), Intégration de la télédétection et du SIG dans l'évaluation des risques d'inondation et de leurs impacts à Pikine et Guédiawaye au Sénégal, Diplôme d'études supérieures spécialisées(DESS), Université OBAFEMI AWOLOWO (OAU) Ilé-Ifé, PMB 5545, OSUN STATE, Nigeria, 78 pages

Romain Leclercq & Momar Diongue & Ndèye Fatou Mbenda Sarr & Armelle Choplin, « État, habitants et ONG face aux inondations à Dakar. Expérimenter la co-production urbaine », *Métropolitiques*, 9 janvier 2023. URL : <https://metropolitiques.eu/Etat-habitants-et-ONG-face-aux-inondations-a-Dakar.html> DOI : <https://doi.org/10.56698/metropolitiques.1869>

Sócrates P. Muñoz Pérez, Kristell E. Bonilla Bances, Lesly J. Torres Zavaleta, Heber I. Mejía Cabrera, Víctor A. Tuesta Monteza (2021). Systematic Review of the Study of Flood Risks using Remote Sensing, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. Volume-11 Issue-2

Sow, I., Ndiaye, A. K., & Kane, M. (2023). Dynamique de l'occupation du sol et gestion des eaux pluviales dans les zones inondables de la région de Dakar. *European Scientific Journal (ESJ)*, 19(9), 75-90. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n9p75>

Zeineddine Nouaceur (2020). La reprise des pluies et la recrudescence des inondations en Afrique de l'Ouest sahélienne », *Physio-Géo* [<http://journals.openedition.org/physio-geo/10966> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/physio-geo.10966>

INONDATIONS EN AFRIQUE DE L'OUEST

Ce numéro rassemble des réflexions sur la question des inondations en Afrique de l'Ouest en général et au Sénégal en particulier. Le phénomène d'inondations est considéré comme un aléa, qui se manifeste par l'augmentation du niveau d'eau, dépassant les cotes habituelles. Il s'agit d'un phénomène naturel dans les écosystèmes notamment fluviaux ou littoraux. Il devient un risque lorsqu'il rend vulnérables les populations et les biens matériels et de ce point de vue les enjeux humains, économiques et environnementaux restent énormes.

Les différentes contributions compilées ici, démontrent les caractéristiques de divers territoires favorisant le risque d'inondation. Elles mettent en exergue l'essor de l'urbanisation en particulier, qui augmente les surfaces imperméables dans les villes, constituant ainsi un facteur d'aggravation des inondations. Elles abordent également les dommages ou préjudices que subissent les populations, mais aussi les nombreux défis relatifs à la gestion des inondations.

Les contributeurs : Mamadou DIALLO, Abou DIA, Edouard DIOUF, Adrien COLY, Angèle Daba FAYE, Hamidou MAMANE HASSANE, Charles Cômbran HOUNTON, Ramane A. ABDOULAYE, Anastasie MENDY, Ibrahima THIAW, Cheikh FAYE, Honoré DACOSTA, Luc DESCROIX, Diatou THIAW NIANE, Sidia Diaouma BADIANE, Daouda Mouhamed DIOP, Maguette THIAO, Jean Paul VANDERLINDEN, Saturnin Bonaventure NGOM, Abdoulaye FATY, Waly FAYE, Awa Niang FALL, Abel Vincent MANGA, Honoré DACOSTA, Lenni MERTENS, Jérôme CHAMOIN, Boubacar CISSE, Amadou Abdoul SOW et El Hadj Salif DIOP (†), El hadj Abdou Karim KEBE, Mouhamed DANGOURA, Matar SYLLA, Ibrahima SYLLA, Hapsatou BA, Moustapha SAMBA NDIAYE, Seydou Alassane SOW.

