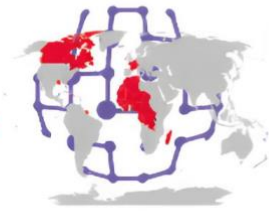


Revue **Francophone**



Évaluation des dommages occasionnés par les inondations du mois de Janvier 2025 dans la région de Brazzaville (CONGO) : Cas de la berge urbanisée du quartier Mafouta

Damage Assessment caused by the January 2025 floods in the Brazzaville region (Congo) : Case of the urbanized riverbank of the Mafouta district

Joseph Edmé SOUAMY- LEGRAND ^a,

Juverdin Rock KOMBO-KISSANGOU ^b,

Marina Lyonel MALOUONO-LIVANGOU ^c,

^{a,b} Université Université Marien Ngouabi, Faculté des Lettres, Arts et des Sciences Humaines (FLASH), République du Congo

^c Université Denis Sassou-N'guesso, (Institut Supérieur des Sciences Géographiques, Environnementales et de l'Aménagement, République du Congo

Les auteurs acceptent que cet article reste en libre accès en permanence selon les termes de la licence internationale Creative Commons Attribution 4.



Résumé

La majorité des villes Congolaises à l'instar de Brazzaville, ont connu une urbanisation non planifiée et non coordonnée qui s'est fait accompagner ces trente dernières années d'un déséquilibre environnemental, rendant les populations citadines vulnérable à de nombreux risques hydro-climatiques dont les inondations, les érosions etc. Cette étude porte sur la berge urbanisée du quartier Mafouta située dans la commune de Madibou (8^{ème} de Brazzaville) et a pour objectif d'évaluer les dommages occasionnés par les inondations de 2025. L'étude est scindée en deux axes, dont le premier, présente la dynamique urbaine de la berge et le second évalue les dommages des inondations sur les secteurs bâtis. Pour mener à bien ce travail, il a été utilisé les données de télédétection et du SIG. Il s'agit notamment des images des satellites de la série Landsat (2000, 2024 et 2025) et des limites administratives géo référencées. La méthodologie développée est basée sur la classification dirigée avec utilisation de l'algorithme maximum de vraisemblance. Elle a permis également de subdiviser la berge en trois sites d'observation. Les résultats obtenus montrent une expansion rapide, importante et compacte de l'emprise urbaine (+2,29%) et, l'augmentation des surfaces d'eau après inondation, a entraîné des dommages au niveau des secteurs bâtis à hauteur de 24,67% tout le long de la berge. Au niveau des différents sites d'observations, les bâtiments endommagés sont respectivement évalués à 41,55%, 39,87% et 49,83%. Ces résultats montrent une perception généralisée des inondations de 2025 sur la berge urbanisée du quartier Mafouta.

Mots clés : Brazzaville, Mafouta, évaluation, dommages, inondations, Landsat, SIG

Abstract

Most Congolese cities, like Brazzaville, have experienced unplanned and uncoordinated urbanization, which has been accompanied over the last thirty years by environmental imbalances, making urban populations vulnerable to numerous hydro-climatic risks, including flooding and erosion. This study focuses on the urbanized riverbank of the Mafouta neighborhood, located in the Madibou district (8th district of Brazzaville), and aims to assess the damage caused by the 2025 floods. The study is divided into two parts: the first presents the urban dynamics of the riverbank, and the second assesses the flood damage to built-up areas. Remote sensing and GIS data were used to carry out this work. These include images from Landsat satellites (2000, 2024, and 2025) and georeferenced administrative boundaries. The methodology developed is based on supervised classification using the maximum likelihood algorithm. It also allowed for the subdivision of the riverbank into three observation sites. The results obtained show a rapid, significant, and compact expansion of the urban footprint (+2.29%), and the increase in water surface area after flooding led to damage to built-up areas, affecting 24.67% of the entire riverbank. At the different observation sites, the percentage of damaged buildings was estimated at 41.55%, 39.87%, and 49.83%, respectively. These results demonstrate a widespread perception of the 2025 floods on the urbanized riverbank of the Mafouta district.

Keywords : Brazzaville, Mafouta, Assessment, Damage, Floods, Landsat, GIS

Introduction

Le réchauffement climatique que connaît le monde actuellement est à l'origine de l'accroissement des phénomènes extrêmes responsables des risques hydro-climatiques dont les inondations, les glissements de terrains, les records de sécheresse etc. (D. H. Koumassi, et al, 2014, p.138). Ces risques hydro-climatiques devraient à l'avenir se multiplier et gagner en intensité avec des conséquences qui pourraient se révéler catastrophiques pour les populations riveraines et celles vivant dans des zones urbaines marginales. Selon (O. Hajji et al, 2023, p.58), à l'échelle mondiale, les inondations représentent l'une des catastrophes naturelles la plus destructrices qui résultent de la conjonction d'un grand nombre de facteurs naturels et anthropiques. La ville de Brazzaville, à l'image de nombreuses villes d'Afrique subsaharienne, a connu une croissance démographique sans précédent, résultat du phénomène migratoire et plus précisément de l'exode rural, occasionnant d'un côté la dégradation des milieux naturels et de l'autre, l'occupation des zones à risque d'inondation. En effet, les milieux naturels Brazzavillois ont subi au cours des dernières décennies des dégradations importantes liées au développement des populations ; développement qui d'après (Hervé Tchekote, et al, 2020, p.44), s'accompagne d'une exclusion urbaine, constituée d'une tranche importante de population défavorisée, qui a entraîné une remarquable mobilité résidentielle vers les sites marginales constituées essentiellement de fortes pentes et de bas-fonds ou a risque d'inondation, d'érosion et d'ensablement. Et depuis peu, on parle à Brazzaville de phénomène de température extrême (G. Ibiassi Mahoungou et al, 2018) plus connu sous le nom d'îlot de chaleur urbain et qui rend encore plus vulnérable les populations de ces zones marginales, du fait de leur exposition à divers risques. Cette étude porte sur le quartier Mafouta située dans la commune de Madibou (8^{ème} de Brazzaville). Les inondations urbaines, les érosions hydriques et les ensablements sont tant de catastrophes naturelles qui minent la capitale Congolaise, ne laissant pas indifférent les autorités et les populations Brazzavilloises. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les dommages des inondations du mois de janvier 2025 sur les secteurs bâtis au niveau du quartier Mafouta à Brazzaville. En effet, ce quartier est souvent le théâtre des inondations occasionnées par les crues du fleuve Congo et de son affluent le Djoué. A l'aide des données de télédétection qui sont des outils particulièrement performants pour l'étude des risques de catastrophes naturelles (S. Wade et al, 2009, p. 204) et du SIG, nous allons faire une cartographie de la dynamique urbaine de la berge et évaluer les dommages des inondations sur les secteurs bâtis. Ainsi, deux questions principales résument la problématique de cette étude à savoir comment se présente la dynamique urbaine de la berge du quartier Mafouta dans la période de 2000 à 2024 et quels ont été les dommages des inondations de janvier 2025 sur les secteurs bâtis de ladite berge ?

La méthodologie se structure autour de la présentation de la zone d'étude et les réponses à ces deux questions constituent les principales parties qui structurent cet article qui se termine par une conclusion précédée de la discussion des résultats.

1. Présentation du cadre physique du quartier Mafouta

1.1. Contexte et problématique

Le quartier Mafouta est situé au Sud de l'agglomération de Brazzaville, précisément dans la commune de Madibou. Il est localisé en bordure du fleuve Congo et de son affluent le Djoué entre 4°18'0'' latitude sud et 15°12'0'' de longitude est (figure 1).

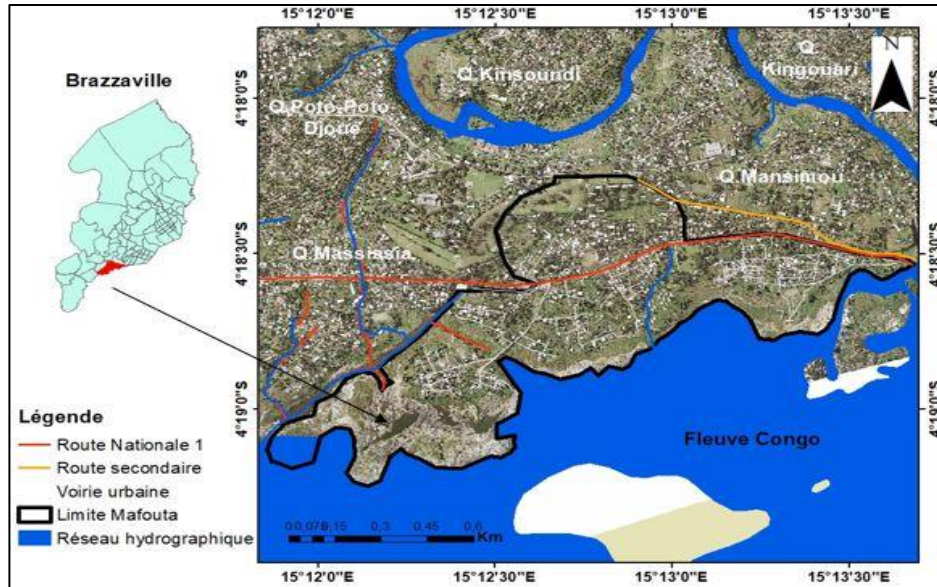


Figure N°1 : Localisation et présentation de la zone étudiée.

Source : INS, réalisée par les auteurs, 2025

La topographie de Mafouta fait partie du domaine du plateau des Cataractes. Il est caractérisé par des vallées profondes drainées d'environ 300 m de profondeur et des collines hautes qui atteignent jusqu'à 500 m d'altitude (I. A. W. M'bouka Milandou, 2019, p.72). Le quartier est certes dépourvu de collines, cependant, il dévale le versant du plateau des Cataractes jusqu'en bordure du fleuve Congo. Ce versant fait opposition à celui de la ville de Kinshassa en face. Au Nord-Est du quartier, les altitudes atteignent 310 m, tandis qu'au Sud-Ouest et le long de la berge urbanisée, elles atteignent 270 m et plus bas 260 m d'altitude en allant vers le fleuve (Figure 2). La topographie oriente le sens du ruissellement à travers un gradient de pentes et joue ainsi un rôle majeur dans la survenue des inondations en milieu urbain. Sur la berge urbanisée du quartier Mafouta, les pentes sont estimées entre 5 % et 25 % (figure 3). Et bien que, le réseau hydrographique soit peu dense, moins diversifié et dominé au nord par la rivière Djoué, qui est le cours d'eau majeur et de l'Est au Sud-Est par le fleuve Congo qui occupe toute la berge du quartier opposée à la RDC (Figure 1). Cette situation topographique rend la berge plus vulnérable aux inondations leur des précipitations excessives qui renflouent les eaux du Djoué et du fleuve Congo. En outre, la pédologie est constituée de quatre types de sol de différente nature (sols sur alluvions des vallées principales, sols sableux des versants et plateaux ondulés, sols sur alluvions récents des vallées inondables et basses terrasses, sols argilo sableux

de colline sur grès schisteux d’Inkisi (Figure 3). Au niveau de la berge à l’exception des sols sableux des versants et plateaux ondulés, on note la présence des trois autres types de sols.

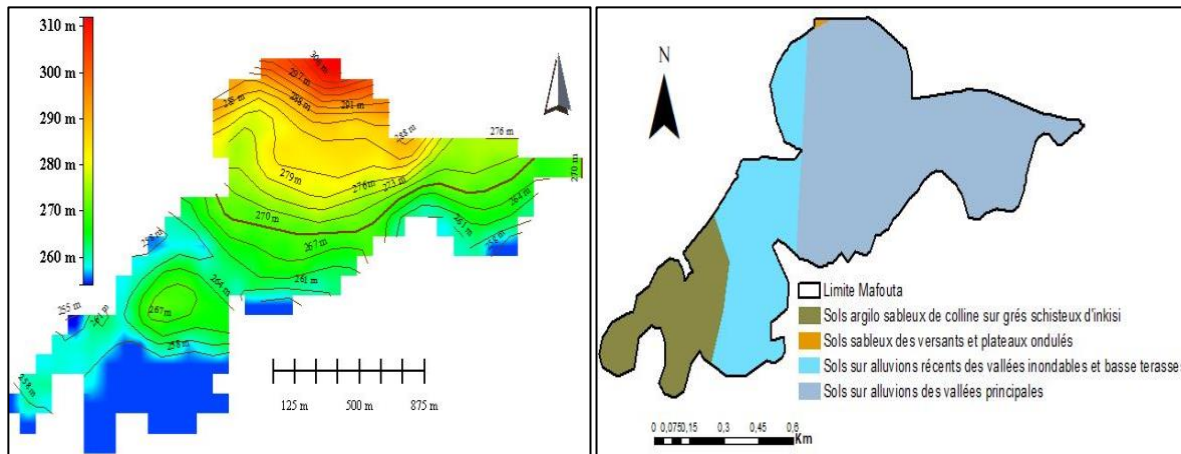


Figure N°2 : A gauche, altimétrie du quartier Mafouta.

Source : SRTM. A droite, les différents types de sols du quartier Mafouta.

Tirée de la cartographie des sols de Brazzaville réalisée par Tira Alfred en

Concernant les pentes, le quartier est dominé par des pentes moyennes (5% - 15%) qui occupent 43,45% de superficie. Elles sont secondées par la classe des fortes pentes (15% - 25%) qui présentent 27,97%. Par contre, les faibles pentes (0 -5%) se concentrent plus au sud-ouest de la berge, elles occupent 23,21% du quartier. Tandis qu’au sud et à l’est de la berge, on note la présence des pentes moyennes. En revanche, les très fortes pentes (< 25%), se situent à l’extrême nord du quartier Mafouta en allant vers le quartier Mansimou (planche n°1). Elles occupent à peine 7,14% de superficie (figure 3 et tableau 1).

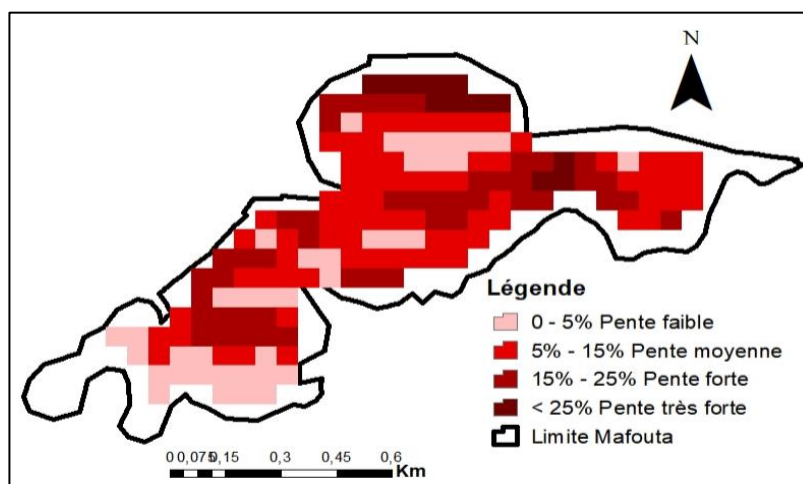


Figure N°3 : Carte des pentes du quartier Mafouta.

Source : SRTM

Tableau N°1 : les classes des pentes et leurs superficies

Classe des pentes	Pixels	m ²	ha	%
0 - 5% Pente faible	39	0,065	0,000006	23,21
5% - 15% Pente moyenne	73	0,121667	0,000012	43,45
15% - 25% Pente forte	47	0,078333	0,000008	27,97
< 25% Pente très forte	12	0,02	0,000002	7,14

Source : les auteurs, 2025

Ce contexte topographique expose la berge du quartier Mafouta à de nombreux problèmes environnementaux, les plus préoccupants étant les inondations récurrentes qui résultent de l'action combinée de plusieurs facteurs dont les fortes pluies qui augmentent les crues du fleuve Congo et celles du Djoué, l'écoulement difficile des eaux de pluie à cause de l'urbanisation spontanée, la stagnation des eaux pluviales à cause des faibles pentes en bas-fond (tableau 2), et surtout de la nature des sols (figure 2). En effet, en contrebas du versant proche du fleuve, à l'Est et Sud-Est, le quartier est parsemé de petites mares d'eau qui rappellent son caractère marécageux. C'est donc l'action combinée de plusieurs facteurs anthropique et naturels qui provoquent les inondations à Mafouta comme il en est le cas dans plusieurs villes.

Planche n°1. Vue aérienne de la partie Est de la zone d'étude (quartier Mafouta)



La **photo 1** présente à droite la partie Est du quartier Mafouta séparé du quartier Mansimou à gauche par la route nationale n°1. Nous pouvons apercevoir au loin, le fleuve Congo et son

affluent le Djoué. Les **photos 2 et 3** présentent la densité urbaine du quartier. Source : image drone

2. Données et outils d'analyses utilisés

2.1. Base de données Landsat et in situ

L'étude a essentiellement exploitée trois images multispectrales Landsat acquises par le biais de l'USGS (United States Geological Survey). Les images acquises proviennent du capteur Landsat Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+)-7, Landsat Operational Land Imager (OLI-8/9) et correspondent aux années 2000, 2024 et 2025. Le choix des images a été effectué en fonction de l'étude. Ainsi, les deux premières images présentent la période sans crue, tandis que celle de 2025, correspond à la période de crue. Les données Landsat recouvrent toute notre zone d'étude, elles ont permis de réaliser les classifications et d'évaluer les dommages. Les caractéristiques techniques des images obtenues sont illustrées dans le tableau 2. Des données cartographiques constituées d'une couche numérique géo référencée de la berge du quartier Mafouta ont également été utilisées.

Tableau N°2 : Caractéristiques des images Landsat utilisées

Image	Capteur	Dates	Path/Row	Projection	Heure
Image 1	Landsat ETM+7		182/063	UTM_Zone = 33 sud	09:00:51
Image 2	Landsat OLI 8	2024/09/08	182/63	UTM_Zone = 33 sud	09:09:35
Image 3	Landsat OLI 9	2025/01/26	182/63	UTM_Zone = 33 sud	09:10:39

Source : USG

2.2. Outils d'analyses

Les analyses se sont basées sur les outils de la géomatique que sont la télédétection et les SIG. Il s'agit de : ArcGIS ; Le logiciel ArcGIS version 10.1, est un logiciel SIG de ESRI (Environmental Systems Research Institute). Il a été utilisé dans ce travail pour :

- les corrections géométriques et atmosphérique/radiométriques ;
- le découpage de notre zone d'étude ;
- la création, l'habillage et l'édition des cartes ;
- la détection de changement entre les différentes images satellitaires ;
- l'analyse de quelques données statistiques ;
- l'évaluation des dommages des inondations sur les secteurs bâtis.

3. Analyses et traitements des données

3.1. Plusieurs étapes ont été observées pour le traitement des images satellitaires

31.1. Prétraitement des images ou restauration et rectification des images :

- La correction géométrique :

Les images Landsat utilisé ont déjà fait l'objet des corrections géométriques sur la base du système de projection UTM WGS84 zone 33 sud. Ainsi, les améliorations géométriques n'ont pas été nécessaires pour effectuer la correction des images Landsat choisies. A cet effet, ces

images satellitaires corrigées géométriquement selon le système de projection UTM, nous ont permis de superposer et de réaliser un découpage en sélectionnant la partie qui correspond à notre zone d'étude qui est la berge du quartier Mafouta.

- La correction atmosphérique :

Elle peut être nécessaire à cause des variations dans l'illumination et dans la géométrie de visée d'une scène, des conditions atmosphériques, du bruit et de la réponse du capteur. Elle a consisté à éliminer des éventuels biais atmosphériques, et de passer de valeur de pixel en compte numérique en valeur de réflectance. La correction atmosphérique utilisée est celle proposé par la Nasa. Une correction de réflectance atmosphérique par angle solaire selon l'équation suivante :

$$L_s = \frac{\text{TOA réflectance}}{\text{Sin (élévation du soleil)}}$$

Tableau N°3 : Les valeurs de l'élévation du soleil de chaque image utilisée

Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI	Landsat 9 OLI
Élévation du soleil : 56,66864097	Élévation du soleil : 51.70913475	Élévation du soleil : 56.84790713
Sinus (Élévation du soleil) : 0,835506745	Sinus (Élévation du soleil) : 0,784875172	Sinus (Élévation du soleil) : 0,837221858

Source : Landsat 7, 8 et 9

Le prétraitement géométrique et atmosphérique ou radiométrique à concerner uniquement les différentes bandes utilisées pour la réalisation des compositions colorées, respectivement au plan d'affichage rouge, vert et bleu (R.G.B). Ces bandes sont présentées dans le tableau 3.

- Les compositions colorées

Dans le cadre de cette étude, la composition colorée qui a été privilégiée pour la détermination des unités d'occupation du sol et des surfaces d'eau est celle en couleur Land/Water. Elle a combiné les bandes 432 du capteur ETM+7, ainsi que les bandes 543 du capteur OLI 8 et 9. Une fois la composition colorée réalisée, il a été superposé les données vectorielles des limites de la zone concernée, afin de les extraire et procédez par la classification supervisée sur ENVI 4.7.

Tableau N°4 : les différentes bandes corrigées et utilisées pour la composition RGB

Image Landsat	Bandes spectrale utilisées
Landsat ETM+7 (2000)	4,5 et 3
Landsat OLI 8 et 9 (2024 et 2025)	5,6 et 4

Source : Landsat 7, 8 et 9

3.2. Analyse de la dynamique de l'occupation du sol et celle des surfaces d'eau

Généralement, l'étude de la dynamique des surfaces d'eau, repose sur l'analyse et le calcul de l'indice normalisé de l'eau (NDWI). Il existe certes plusieurs indices permettant de détecter

l'eau. Cependant, celui qui caractérise avec efficacité les masses d'eau en ressortant mieux la dynamique de l'occupation de sol est l'indice normalisé de l'eau modifié MNDWI de *Xu (2006)*, qui est la modification du NDWI de *Mcfeeters (1996)* par l'utilisation du Moyen infrarouge au lieu du proche infrarouge. Il permet de mettre en évidence les masses d'eau en supprimant de manière plus efficace que le NDWI le bruit des terrains bâti, ainsi que celui de la végétation et du sol. Les masses d'eau sont ainsi mieux délimitées (plus de détails), par discrimination efficace des surfaces en eau et des surfaces sèches (CHAMAILLÉ Lise, 2008, p.20). L'indice MNDWI paraît donc le plus adéquat pour cette étude.

$$MNDWI = (Vert - Mir2) / (Vert + MIR2)$$

Avec :

Vert : réflectance au sol de la surface dans le canal du vert

Mir2 : canal du moyen infrarouge

Bien que l'indice MNDWI paraisse le plus adéquat pour cette étude, malheureusement, étant donné la taille assez petite de la zone concernée, il nous a paru difficile après calcul du MNDWI de bien distinguer les pixels d'eau de ceux des surfaces loties et sableuses. Pour pallier à ce problème, et augmenté la probabilité à mieux discerner les différents objets, nous avons préféré la démarche qui s'appuie sur la classification supervisée par maximum de vraisemblance en utilisant la combinaison des bandes en composition colorée destinée pour les analyses d'eau (Cf. tableau 3). L'objectif de cette opération est d'avoir une synthèse d'information en vue de faire une bonne discrimination des unités d'occupation du sol lors de la classification numérique des images (A. Sidissah, et al, 2018, p.185). Cependant, il n'est pas toujours facile, voir aisé de réaliser également une classification dans une zone aussi petite, densément lotie et compact tel que la berge urbanisée du quartier Mafouta. Les objets urbains sont de tailles différentes, de même que la proportion urbain/végétal, urbain/sol nu. En conséquence, tous ces éléments ne peuvent être identifiés avec la même résolution spatiale (J. Maréchal, 2012, p.11).

3.2.1. Classification supervisée de l'occupation du sol et des surfaces d'eau par maximum de vraisemblance

L'analyse par classification des images ETM+ et OLI en compositions colorées a permis de ressortir trois classes thématiques distinctes : les surfaces d'eau, les surfaces sableuses et urbaines (lotissement, sol sec etc.). Après avoir effectué la classification, on a calculé en pourcentage (%), en mètre carré (m²) et en hectare (Ha) les superficies occupées par les surfaces d'eau, sableuses/sols nus, ainsi que par les surfaces sèche ou loties. Cette opération a permis ensuite, à travers une comparaison post-classification, de faire une analyse quantitative des changements survenus sur toute la période d'étude afin d'identifier les différentes modifications intervenues au niveau des classes d'occupation et d'utilisation du sol sur la berge urbanisée du quartier Mafouta et d'évoluer par la même occasion en fonction de la classe des surfaces d'eau, les dommages occasionnés par les inondations de janvier 2025. Cette analyse se fait par le calcul du taux moyen annuel d'expansion spatiale (Tc) et du taux de changement global (Tg). Ces taux d'expansion spatiale et de changement global sont couramment utilisés dans les études

sur le changement d'occupation du sol (Souamy-Legrand et al, 2025, I. A-K BINDAOUDOU et al, 2021).

$$T_c = \frac{\ln S_2 - \ln S_1}{(t_2 - t_1) \times \ln e} \times 100 \quad B. \text{ Bernier (1992)} ; T_g = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \quad \text{FAO (1996)}$$

Avec:

T_c = *taux* moyen annuel d'expansion spatiale (%); T_g = *taux de changement global* (%); S_1 = *superficie de la classe à la date t1*; S_2 = *superficie de la classe à la date t2 (t2 > t1) et t* = *nombre d'années entre les deux dates*; \ln le logarithme népérien; e la base des logarithmes népériens ($e = 2,71828$).

4. Résultats

4.1. Validation des classifications

L'évaluation des résultats à partir des matrices de confusion, après classification des trois images Landsat (2000, 2023 et 2025), a donné des mesures d'exactitude de 99,53%, 99,25% et 98,68%. Des indices Kappa de 0,9924 pour l'image de 2000; 0,9774 pour l'image de 2024 et 0,9698 pour l'image de 2025 (tableau 5). L'évaluation des matrices indiquent que les trois cartes obtenues, sont de bonne qualité. En effet, les valeurs des différents indicateurs de précision de la classification supervisée et des indices kappa obtenues pour les trois images, traduisent une bonne qualité des échantillons, de même qu'une bonne correspondance entre le résultat de la classification et la réalité spatiale contenue dans les images. Ainsi, la classification adoptée est valable et les résultats peuvent être judicieusement utilisés.

Tableau N°5 : Précision cartographique

Images	Exactitude	Indice Kappa
Image 2000	99,53%,	0,9924
Image 2024	99,25%	0,9774
Image 2025	98,68%	0,9698

Source : les auteurs, 2025

4.2. Croissance urbaine de la berge du quartier Mafouta entre 2000 et 2024

L'interprétation visuelle des images après la composition colorée a permis d'identifier trois types d'occupation sur les images de 2000, 2024 et de 2025. Une fois la classification terminée, trois cartes ont été réalisées pour évaluer l'étalement urbain à l'échelle de la berge et estimer les dégâts occasionnés par les inondations de 2025. La figure 4 et 5 présente la cartographie de l'évolution urbaine entre 2000 et 2023. La figure 6, quant à elle présente les inondations de début 2025.

4.2.1. L'occupation du sol durant les années 2000 et 2024

La physionomie de la berge du quartier Mafouta en 2000 était largement dominée par les surfaces urbaines qui occupaient la partie Est et Centre (Figure 3). A cette date, on note déjà la présence d'une énorme pression anthropique rendant difficile la gestion de la berge en matière

des phénomènes d’inondation. La superficie du bâti pendant cette période est de 2,652 ha (39,92%). Les unités d’eau sont faiblement représentées 1,44 ha (21,68%) et se concentre au Sud-Est de la berge. Les surfaces sableuses présentent 2,55 ha (38,39%) et se concentrent également au Sud-Est (Figure 3).

En 2024, nous constatons que les surfaces urbaines/bâties se sont élargie vers le Sud-Est, en direction du barrage hydroélectrique du djoué. A cette date, la berge s’est considérablement urbanisée. L’analyse de la Figure 3 et le tableau 5 permettent de constater que certaines unités d’occupation du sol comme les surfaces d’eau et sableuses ont connu de réels changements car elles ont subi en vingt-trois ans, une énorme anthropisation, dominées par les bâtis en nette progression. La superficie de cette classe a presque doublé en l’espace de vingt-trois ans. Elle est passée de 2,652 ha en 2000 à 4,5 ha en 2023. Cependant, on note une forte diminution des surfaces d’eau qui sont passé de 1,44 ha à 0,384 ha soit une perte de 1,05 ha. Ce constat est également valable pour les surfaces sableuses.

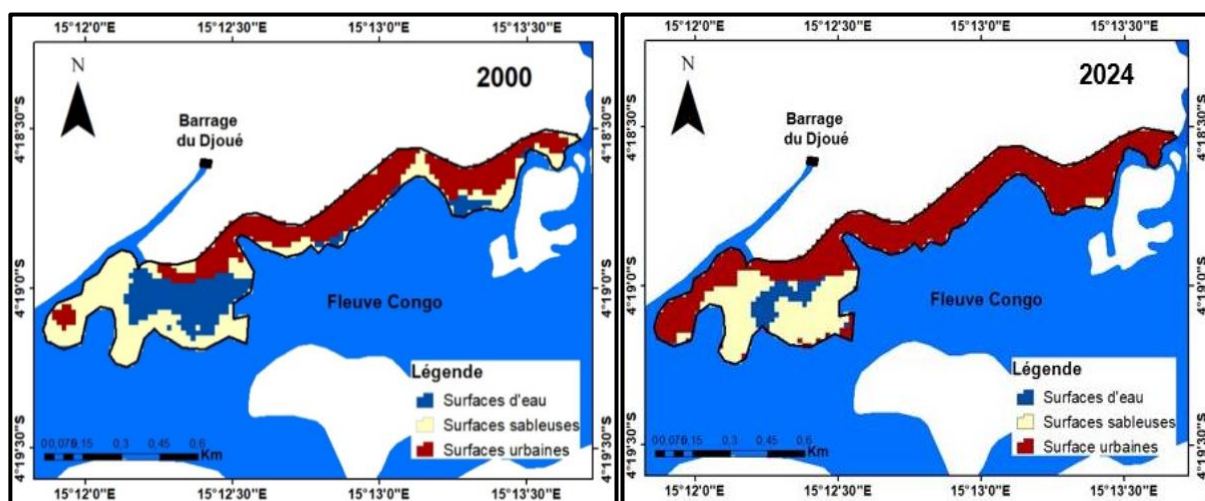


Figure N°4 : Occupation du sol de la berge en 2000 et 2024
 Source : Images Landsat 2000 et 2024

Tableau N°6 : Superficies des classes d’occupation de sol en 2000 et 2024

Classes	2000			2024		
	m ²	ha	%	m ²	ha	%
Surface d'eau	14400	1,44	21,68	3840	0,384	5,78
Surfaces sableuses	25500	2,55	38,39	17580	1,758	26,46
Surfaces urbaines	26520	2,652	39,92	45000	4,5	67,75

Source : les auteurs, 2025

4.2.2. Dynamique urbaine de la berge du quartier Mafouta

En utilisant l’équation proposée par Bernard Bernier (1992) et FAO (1996), couramment employée pour mesurer la croissance des agrégats macroéconomiques entre deux périodes données, il a été calculé les taux de changement entre les classes d’occupation du sol entre les dates 2000 – 2024. L’utilisation de cette équation est très courante dans les études sur le changement d’occupation du sol. Les valeurs positives représentent une progression de la superficie de la classe pendant la période analysée tandis que les valeurs négatives indiquent la

perte de surface d'une classe entre les deux dates. Quant aux valeurs proches de zéro, elles expriment une relative stabilité de la classe entre les deux périodes (tableau 7 et figure 4).

4.2.3. Évolution de l'occupation du sol entre 2000 et 2024

Pour la période 2000-2024, le tableau indique des diminutions annuelles de -5,74 % et -1,61 % respectivement pour les surfaces d'eau et sableuses, alors qu'une augmentation moyenne annuelle de +2,29 % des superficies urbains est observée. La diminution des deux premières classes est probablement liée à l'augmentation de la troisième classe, c'est-à-dire celle des secteurs bâtis.

Tableau N°7 : Changement d'occupation du sol entre 2000 et 2024

	2000	2024	
Classes	Surface (ha)	Surface (ha)	Tc %
Surface d'eau	1,44	0,384	-5,74%
Surfaces sableuses	2,55	1,758	-1,61%
Surfaces urbaines	2,652	4,5	+2,29%

Source : Les auteurs, 2025

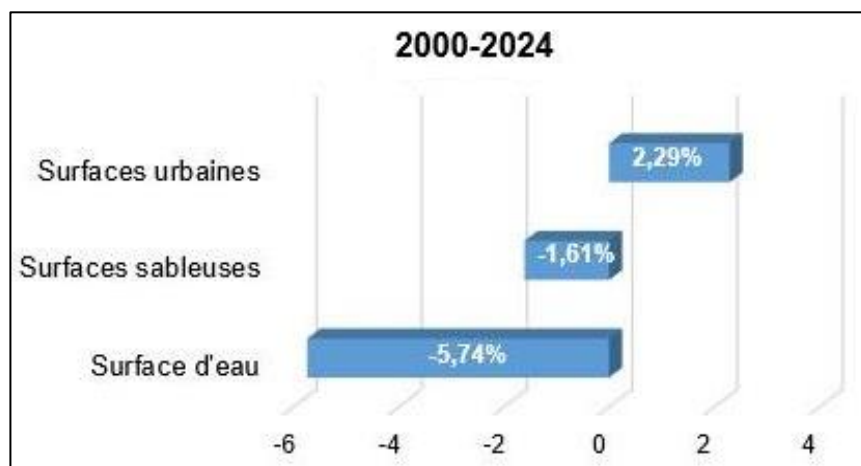


Figure N°5 : Synthèse de l'évolution spatiale des classes d'occupation de 2000 à 2024

Source : Les auteurs, 2025

4.3. Évaluation des dommages occasionnés par les inondations

L'analyse de la Figure 5 permet d'observer les inondations de fin 2024-début janvier 2025. En effet, nous constatons que tout le long de la berge urbanisée est submergé par les eaux du fleuve Congo. Suite à ces inondations, certaines unités d'occupation du sol comme les surfaces sableuses et urbaines (secteurs bâtis) ont connu de réels changements. Au niveau des surfaces bâties, nous qualifions ces changements de dommages. Ainsi, d'après les résultats du tableau 8, les surfaces sableuses qui occupaient 1,758 ha en fin 2024 sont passées à 0,414 ha après les inondations de 2025, soit une diminution de 1,344 ha. Le même constat est fait au niveau des surfaces urbaines qui sont passées, de 4,5 ha à 2,862 ha soit une perte de 1,638 ha. Cependant la classe d'eau passe respectivement de 0,384 ha avant les inondations à 3,366 ha après les

inondations, soit une augmentation de 2,982 ha. D'une façon générale, l'augmentation des surfaces d'eau après inondation, a entraîné des dommages au niveau des secteurs bâtis à hauteur de 24,67% tout le long de la berge.

Tableau N°8 : Évaluation de l'impact des inondations sur l'ensemble de la berge

Classes	Portions occupées en janvier 2025				Impacts des inondations	
	m ²	ha	%		ha	%
Surface d'eau	33660	3,366	50,67	Augmentation	2,982	44,89
Surfaces sableuses	4140	0,414	6,23	Perte	1,344	20,23
Surfaces urbaines	28620	2,862	43,08	Perte	1,638	24,67

Source : Les auteurs, 2025

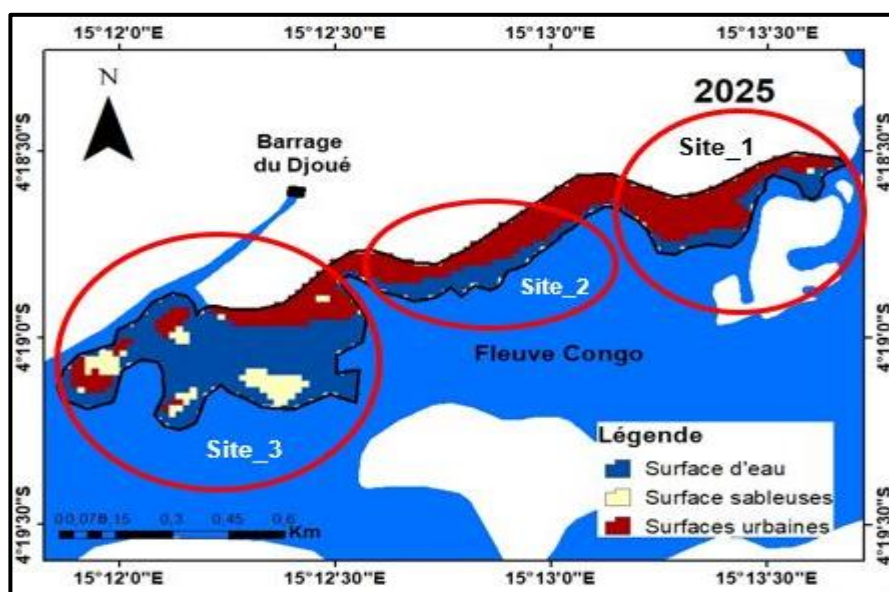


Figure N°6 : Représentation cartographique des inondations du mois de janvier 2025

Source : Images Landsat 2025

Pour avoir un meilleur aperçu de l'ampleur des dommages des inondations sur les surfaces urbaines (bâties), nous avons scindé la berge en trois sites d'observation : le site 1 (au Nord-Est), le site 2 (au Centre) et le site 3 (au Sud-Ouest).

Tableau N°9 : Synthèse de l'évaluation de l'impact des inondations par site le long de la berge

Classes	Site 01			Site 02			Site 03		
	ha	P ₁ (%)	P (%)	ha	P ₁ (%)	P (%)	ha	P ₁ (%)	P (%)
Surface d'eau	0,402	29,01	-	0,516	30,06	-	2,448	69,15	-
Surfaces sableuses	0,006	0,43	28,58	0	0	30,06	0,408	11,52	57,63
Surfaces urbaines	0,978	70,56	41,55	1,2	69,93	39,87	0,684	19,32	49,83

Source : les auteurs, 2025

Avec :

P_1 = Surfaces occupées pendant les inondations

P= Perte occasionnée par les inondations en %

L'observation du tableau 9, donne un aperçu clair de l'impact des inondations par site sur la berge de Mafouta. Au niveau du premier site, les eaux du fleuve Congo ont inondé la berge à 29,01% et par la même occasion les surfaces sableuses (28,58%). Elles ont endommagé 41,55% de bâtiments. Au centre de la berge (site 2), les eaux ont occupé 30,06% pendant l'inondation, et endommagé 39,87% de bâtiments. Au sud-ouest (site 3), les surfaces d'eau ont occupé 69,15%, et ont inondé à 57,63% les surfaces sableuses, et endommagée 49,83% de bâtiments. Au niveau du site 3, nous constatons que les surfaces d'eau ont considérablement pris de l'ampleur par rapport aux deux premiers sites, le surplus en eau est du probablement par la présence et le refoulement des eaux du barrage hydroélectrique du Djoué suite aux inondations. D'après l'administrateur maire de la commune de Madibou, à l'occasion d'une rencontre avec Madame la Ministre **des Affaires sociales, de la solidarité et de l'action humanitaire**, la montée des eaux du fleuve Congo qui a entraîné les inondations de fin 2024 et début 2025 a affecté aux moins 144 ménages au quartier Mafouta. Et, d'après les statistiques des services déconcentrés du ministère des Affaires sociales, la commune de Madibou aurait enregistré 294 ménages sinistrés répartie sur trois quartiers Mafouta, Massissia et Mbouono.

Planche n°1 : Quelques impacts des inondations au quartier Mafouta



Photos 1, 2, 3 et 4 : Les bâtiments inondés par les eaux du fleuve Congo.

Source : Vox TV

5. Discussion

La question des inondations en milieu urbain a été abordée par de nombreux auteurs qui ont utilisé des approches différentes. Il ressort de leurs travaux que les inondations résultent de plusieurs facteurs tels que : les pentes, l'altimétrie du milieu, la pédologie, la perturbation des régimes des cours d'eau et des régimes pluviométriques etc (D. R. B. Houessinon et al, 2022 ; V. H. N'guessan, B-B. Saley et al, 2014 etc.). La région de Brazzaville connaît de façon récurrente des inondations pendant la saison des pluies. Cette étude qui fait une évaluation des dommages occasionnés par les inondations de 2025 dans la région de Brazzaville avait pour but principal, d'évaluer leurs impacts sur les secteurs bâtis au niveau de la berge urbanisée du quartier Mafouta. Deux axes ont été abordés dans ce travail : la dynamique urbaine de la berge et l'évaluation des dommages des inondations sur les secteurs bâtis. Les résultats de l'analyse

de la dynamique spatiale sur trente années consécutives (2000-2024) montrent la prédominance progressive du bâti dans l'espace urbain de la berge du quartier Mafouta. En effet, l'interprétation des données issues de l'exploitation des images satellites révèle une expansion rapide, importante et compacte de l'emprise urbaine avec un Tc de +2,29% (Tableau 7). L'expansion spatiale remarquable de la berge de Mafouta en lien avec une dynamique démographique la rend ainsi vulnérable aux risques d'inondation engendrée par les crues du fleuve Congo et de son affluent le Djoué. Nos résultats s'avoisinent avec ceux trouvés par Evang Yves Aristide, et al, 2023, p. 17, sur le bassin hydrographique de la Mékangoué. En effet, en travaillant sur le bassin hydrographique de la Mékangoué à Libreville au Gabon, ils constatent que l'évolution de l'occupation du sol dans le bassin a un lien direct avec la récurrence des inondations. Et que, l'imperméabilisation des sols, la modification des cours d'eaux, l'expansion urbaine et la déforestation sont entre autres certains des faits qui augmentent la vulnérabilité de la zone en modifiant le ruissèlement. Ainsi, l'expansion rapide de la berge de Mafouta a considérablement accrue sa vulnérabilité aux inondations. Certes, les risques des inondations au niveau de la berge sont dus aux crues du fleuve Congo et de son effluent le Djoué mais également des eaux de ruissellement urbain maux canalisés. A propos des inondations, les résultats montrent une augmentation progressive des surfaces inondées touchant les zones résidentielles situées tout le long de la berge. La proportion des zones d'habitation est passé de 67,75% le 09 septembre 2024 avant les inondations à 43,08 % le 26 janvier 2025 après les inondations, soit 24,67% de dommages des secteurs bâtis (Photos 1, 2, 3 et 4) observés tout le long de la berge. Suite aux inondations du 26 janvier 2025, la superficie des bâtiments endommagés diminue progressivement, passant de 2,862 ha à 1,638 ha. En ce qui concerne les différents sites d'observation (Figure 5), les données révèlent aussi d'importants dommages au niveau des bâtiments (Tableau 9). L'impact des crues du fleuve Congo ne s'observe pas uniquement sur la berge de Mafouta, mais également tout le long du fleuve comme c'est le cas également du quartier Dévala au nord de Brazzaville dans la commune de Talangaï où les inondations sont aussi devenues récurrentes pendant la saison pluvieuse, mettant les populations riveraines en danger. Toutefois, ces impacts sont généralement observés en saison des pluies. Il s'agit donc des inondations saisonnières provoquées par les précipitations.

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'extension de la berge urbanisée du quartier Mafouta et d'évaluer les dommages occasionnés par les inondations du mois de janvier 2025. A l'aide de la méthode de la classification supervisée, qui a permis de faire l'analyse diachronique d'images satellitaires Landsat ETM+, OLI-8 et 9, nous avons pu discriminer trois classes d'occupation du sol (surface urbaine, sableuse et d'eau) et évalué les dommages sur les secteurs urbaines/bâtis. Les précisions globales obtenues (tableau 5), sont évaluées à plus de 90% pour les trois dates retenues (2000, 2024 et 2025). Les cartes élaborées pour l'année 2000 et 2024 permettent d'identifier une évolution temporelle et spatiale des secteurs bâtis par rapport à la classe d'eau (tableau 7). Les taux d'évolution moyens annuels calculés montrent une

régression des plans d'eau (-5,74%) et des surfaces sableuses (-1,61%) et une progression de +2,29% des secteurs bâtis. Par contre, on remarque une tendance à l'évolution des surfaces d'eau après les inondations ayant globalement endommagé 24,67% des zones résidentielles. En somme, la zone d'étude est marquée par une forte anthropisation qui s'est révélée être vulnérable aux crues des eaux du fleuve Congo et de son affluent le Djoué. L'étude montre également l'importance de la télédétection dans l'évaluation des dommages occasionnés par les inondations à grande échelle. Pour remédier aux inondations récurrentes sur la berge du quartier Mafouta, il faudrait que les autorités renforcent les capacités des systèmes de drainage artificiel à évacuer l'eau et veillent à la non-obstruction des systèmes de drainage naturels. Mettre en place si possible des systèmes d'alerte et utiliser des technologies avancées (telles que les satellites), pour recueillir des données en temps réel sur les conditions environnementales.

BIBLIOGRAPHIE

Achard F., Eva H. D., Stibig H. J., Mayaux P., Gallego J., Richards T., Malingreau J. P., 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297 (5583): 999-1002.

BERNIER, Bernard., 1992, *Introduction à la macroéconomie*. Dunod, Paris, 217p.

CHAMAILLÉ Lise, 2008. Apport de la télédétection pour la détection de l'eau et la caractérisation des propriétés de l'eau. Application de la télédétection à l'étude des facteurs de risque liés à l'eau pour la survie du virus H5N1 dans l'environnement, Rapport de stage, Académie de Toulouse, 57.p

KOUMASSI Dègla Herve, TCHIBOZO A. Eric, VISSIN Expedit Wilfrid et HOUSSOU Christophe S., 2014. SIG et télédétection pour l'optimisation de la cartographie des risques d'inondation dans le bassin de la Sota au Bénin, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 23, pp.137 - 152

David Roméo B. HOUSSINON, Eric Alain M. TCHIBOZO, Expédit Wilfried VISSIN et OGNONDOUN Azize, 2022. Cartographie du risque d'inondation dans l'agglomération urbaine du Grand Nokoué au Bénin : SIG ET APPROCHE MULTICRITÈRE, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 39 (2022) 216 – 233.

EVANG Yves Aristide, MOUYALOU vivino Max Thiery, EDOU EBOLO Clet Mesmin, RABENKOGO Nicaise, 2023. L'aléa inondation dans le bassin hydrographique de la mékangoué : Analyse du cadre physique et humain, COLLECTION PLURAXES/MONDE, p.161-184

FAO, 1996. Forest resources assessment 1990 - Survey tropical forest cover studies of change processes. FAO Forestry Paper 130, Rome, Italie. <http://www.fao.org/docrep/007/w0015e/w0015e00.htm>.

TCHEKOTE Hervé, KAFFO Célestin, KANA Etienne Collins, 2020. Pratiques d'habiter des « Mal Lotis » dans les zones marginales à risques dans la ville de Yaoundé (CAMEROUN) et conséquences socio-environnementales, *REVUE FABRIQUES URBAINES Volume 01, Numéro 01, p.43-59*.

BINDAOU DOU Issa Abdou-Kérim, KOUAME Koffi Fernand, KONE Isaac Zakariya, 2021. Apport de la télédétection dans l'analyse de l'occupation et d'usage des terres dans la Préfecture d'Amou au Sud-Ouest du Togo, *Journal of Research in Environmental and Earth Sciences Volume 7 ~ Issue 11 (2021) p: 23-35*.

ADJONOU Kossi, BINDAOU DOU Issa Abdou-Kerim, IDOHOU Rodrigue A et al. Suivi satellitaire de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans la réserve de biosphère transfrontière du Mono entre le Togo et le Bénin de 1986 à 2015. Conférence OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mar 2019, Cotonou, Bénin. hal-02174848 v2, 24 p.

M'BOUKA MILANDOU Idriss, 2019. Etude de la dégradation des routes en terre, par l'érosion hydrique, en milieu rural : cas de la sous-préfecture de Goma Tsé-Tsé (Sud du Congo). Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat, Université Marien Ngouabi, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines. 381p.

McFeeters.S.K (1996). "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features." *International Journal of Remote Sensing* 17(7): 1425-1432.

MARECHAL Justine, 2012, Caractérisation de la dynamique d'occupation du sol de la ville de Kisangani (R.D. Congo) et sa périphérie entre 2002 et 2010. Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master bio ingénieur en gestion des forêts et des espaces naturels. Université de Liège, 76 p.

HAJJI Olfa, ABIDI Sahar, EZZINE Ahmed, SILINI Emna, 2023. Potentiel de la télédétection sur la cartographie des inondations de la haute vallée de la Medjerda, *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 66 No. 1, p. 57-67.

WADE Soulye, RUDANT Jean-Paul, BA Kader, NDOYE Birama, 2009. Télédétection et gestion des catastrophes naturelles : Applications à l'étude des inondations urbaines de Saint Louis et du ravinement lié à l'érosion hydrique à NIORODU-RIP (SÉNÉGAL). *Télédétection*, 8 (3), p. 203-210

SAMBA-KIMBATA Marie Joseph, 1978, Le climat du Bas-Congo. Thèse de doctorat 3 e cycle, Université de Bourgogne Dijon, 280 p+ figures.

SOUAMY- LEGRAND Joseph Edmé, MAYIMA Brice Anicet, SITOU Léonard, KOMBO-KISSANGOU Rock Juverdin, 2025. Apport de télédétection pour l'étude de l'évolution et la variation du couvert végétal dans la ville de Brazzaville depuis 1979 jusqu'à 2019, *Revue d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementales*, Numéro 5, Avril 2025, ISSN : 2960-1606, pp.287-302.

SIDI ISSAH Aboudala, DJANGBEDJA Minkilabe, KPEDENOU Djagnikpo Koffi, TCHAMIE Tanzidani Komlan Thiou, 2018, Dynamique spatio-temporelle de l'occupation Du Sol Dans Les sites d'exploitation de calcaires au Sud-Est du Togo, *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, Numéro 4, p.181-200.

N'GUESSAN Vami Herman, Bi Bachir Saley, WADE Soulye, DJAGOUA Eric Valere, KOUAME Fernand, KOUADIO Affian, 2014. Cartographie du risque d'inondation par une approche par couplée de télédétection et des systèmes d'informations géographiques (SIG) dans le département de Sinfra (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE), *European Scientific Journal* January 2014 edition vol.10, No.2 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, p. 170-191.

XU, H. Q. (2006). "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open

water features in remotely sensed imagery." International Journal of Remote Sensing 27(14): 3025-3033.