

Revue Scientifique du



laboratoire  
Ville Société Territoire  
(laboVST)

# *Le Journal des Sciences Sociales*

N°24-Décembre 2022

ISSN 2073-9303

# LE JOURNAL DES SCIENCES SOCIALES

## CONSEIL SCIENTIFIQUE

Prof Simplicie Y. Affou, Directeur de Recherches (Institut de Géographie  
Tropicale, IGT, Abidjan) Tel : Cel : (00225) 0707 70 85 57,  
E-mail : syaffou@yahoo.fr ou affou@ird.ci

Prof Alphonse Yapi-Diahou, Professeur Emérite de Géographie (Université Paris 8),  
Cel : 0033668032480 ; Email : yapi\_diahou@yahoo.fr

Prof Brou Emile Koffi Professeur Titulaire de Géographie, (Université Alassane  
Ouattara, ), Cel.: (00225) 0103589105 ; E-mail : koffi\_brou@uao.edu.ci

Prof Roch Gnabéli Yao, Professeur Titulaire de Sociologie, (Université Félix  
Houphouët Boigny) ; Cel : 07 08 18 85 96 Email roch.gnabeli@laasse-  
socio.org

Prof Jonas Guéhi. Ibo, Directeur de Recherches (Université Nangui Abrogoua),  
Cel : (00225) 0505 68 48 23 E-mail : ibojonas@yahoo.fr

Prof René Joly Assako Assako, Professeur Titulaire de Géographie, Université  
Yaoundé, Cameroun ; Email rjassako@yahoo.fr

Prof Ferdinand A. Vanga, Professeur Titulaire de Sociologie (Université Péléforo  
Gon Coulibaly), Tel : (00225) 01 03 48 91 60 / 05 05 083 702  
E-mail : ferdinand.vanga@upgc.edu.ci af\_vanga@yahoo.fr

## COMITE EDITORIAL

### **Directeur de Publication**

Simplice Y. Affou, Directeur de Recherches (Institut de Géographie Tropicale, IGT, Abidjan) Tel: Cel: (00225) 07 07 70 85 57 E-mail : syaffou@yahoo.fr ou [affou@ird.ci](mailto:affou@ird.ci)

### **Rédacteur en Chef**

Alphonse Yapi-Diahou, Professeur titulaire de Géographie (Université Paris 8)  
Cel : 0033668032480 ; Email : yapi\_diahou@yahoo.fr

### **Rédacteur en Chef Adjoint**

Jonas Guéhi. Ibo, Directeur de Recherches (Université Nangui Abrogoua)  
Cel : (00225) 05 05 68 48 23 E-mail : ibojonas@yahoo.fr

### **Secrétariat du Comité de Rédaction**

Assué Yao Jean-Aimé, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara, Bouaké, (00225)0103192952, Email [assueyao@yahoo.fr](mailto:assueyao@yahoo.fr)

Konan Kouakou Attien Jean-Michel, Maître assistant, Université Alassane Ouattara, Bouaké, (00225)0707117755, E-mail : [attien\\_2@yahoo.fr](mailto:attien_2@yahoo.fr)

Yapi Atsé Calvin, Maître assistant, Université Alassane Ouattara, Bouaké, (00225)0707996683, E-mail : [atsecalvinyapi@gmail.com](mailto:atsecalvinyapi@gmail.com)

Yassi Gilbert Assi, Maître de Conférences de Géographie, Ecole Normale Supérieure d'Abidjan, Cel.: (00225) 07 75 52 62; E-mail: [yassiga@gmail.com](mailto:yassiga@gmail.com)

### **Secrétaire aux finances**

Bohoussou N'Guessan Séraphin, Maître de Conférences de Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire, (00225)0505483129, E-mail : [bohounse@yahoo.fr](mailto:bohounse@yahoo.fr)

## COMITE DE LECTURE

- Abdoul Azise SODORE, Maître de Conférences de Géographie/aménagement, Burkina Faso
- Adaye Akoua Assunta, Maître de Conférences de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan
- Allaba Ignace, Maître de Conférences d'études germaniques, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
- Assué Yao Jean-Aimé, Maître de Conférences de Géographie, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
- Bally Claude Kore, Maître de Conférences de Sociologie des organisations, université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire
- Beka Beka Annie, Maître de Conférences de géographie, École Normale Supérieure, Gabon
- Biyogbe Pamphile, Maître de Conférences de Philosophie, Ecole Normale Supérieure, Gabon
- Bohoussou N'Guessan Séraphin, Maître de Conférences de Géographie (Université Alassane Ouattara)
- Christian Wali Wali, Maître-Assistant de Géographie, Université Omar Bongo de Libreville, Gabon
- Coulibaly Salifou, Maître-Assistant de Géographie, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire
- Diarrassouba Bazoumana, Maître de Conférences de Géographie, environnementaliste, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire
- Dja Armand Josué, Maître de Conférences de Géographie, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire
- Dosso Yaya, Maître-Assistant de Géographie, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire
- Eleanor FUBE MANKA'A, Maître-Assistant de Géographe, ENS/Université de Yaoundé I, géographie des aménagements ruraux
- Gokra Dja André, Maître de Conférences, Sciences du Langage et de Communication, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire
- Hugo PILKINGTON, Maître de Conférences, Géographie de la santé, université de Paris 8, France
- Kadet G Bertin, Professeur Titulaire de Géographie, Ecole Normale Supérieure (ENS), Abidjan
- Koffi-Didia Adjoba Marthe, Maître de Conférences de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny,

Koffi Yeboue Stéphane, Maître de Conférences de Géographie, Université Peloforo Gon Coulibaly, Korhogo

Kouadio M'bra, Kouakou Dieu-Donne, Maître de Conférences de sociologie de la santé, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Kouame Konan Hyacinthe, Maître de Conférences de Géographie, Université Peloforo Gon Coulibaly, Korhogo

Kra Kouamé Antoine, Maître de Conférences d'Histoire, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Kramo Yao Valère, Maître-Assistant de Géographie, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Loukou Alain François, Professeur Titulaire de Géographie TIC, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

Moatila Omad Laupem, Maître-Assistant de Géographie, Université Marien Ngouabi (Brazzaville- Congo)

Ndzani Ferdinand, Maître-Assistant de Géographie, Ecole normale supérieure, université Mariën Ngouabi, République du Congo.

Ngouala Mabonzo Médard, Maître-Assistant de Géographie, Ecole normale supérieure, université Mariën Ngouabi, République du Congo.

N'guessan Adjoua Pamela, Maître-Assistant de Sociologie, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Soro Debegnoun Marcelline, Maître-Assistante de Sociologie, Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Yao Célestin Amani Maître de Conférences de Bioanthropologie, Université Félix Houphouët Boigny, UFR SHS - ISAD

Yassi Gilbert Assi, Maître de Conférences de Géographie (Ecole Normale Supérieure Abidjan)

## SOMMAIRE

		<b>Pages</b>
Yayo née N'cho Amalatchy Jacqueline	Production et valorisation artisanale des petits pélagiques par les ghanéens en Côte d'Ivoire	<b>9</b>
Sinaly TRAORÉ Mamadou FOFANA	Facteurs de crispation des relations de cohabitation et recomposition des dynamiques de solidarité autour du parc national du Mont Péko	<b>21</b>
Gbougnon Martine Karamoko Vasseko	Le métier d'éducateur dans l'enseignement secondaire public en Côte d'Ivoire	<b>30</b>
Aimé MOUDJEGOU MOUSSAVOU	Grèves, crises politiques et formation des corps professionnels dans le secteur public gabonais	<b>47</b>
Dany Daniel BEKALE	Enseigner la mémoire collective au Gabon : une tâche problématique dans l'école moyenne	<b>59</b>
Marcel BAGARE Dognon Lucien BATCHO Esther Delwendé KONSIMBO	Communication politique et non-violence en période électorale : cas des élections couplées d'octobre 2020 au Burkina Faso à travers le media en ligne " <i>lefaso.net</i> "	<b>71</b>
Ounone KPANTE	La formation initiale a la fonction de chef d'établissement scolaire au Togo : un outil de gestion professionnalisante	<b>83</b>
Yemboaro Pacôme LOMPO Kiss-Wend-Sida Romaine ZANGRE/ KONSEIGA Yisso Fidel BACYE	Les personnes déplacées internes (pdi) face à la covid-19 dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) : vulnérabilité et résilience.	<b>96</b>
Abdoulaye GUINDO Issa DIALLO Biramapho LY	L'alcoolisme des jeunes filles comme un problème de santé publique au Mali : cas de la commune IV du district de Bamako	<b>110</b>
Yves Arnaud YOUMA Lucien OUÉDRAOGO Gabriel SANGLI Konan Jérôme	Services écosystémiques de la forêt classée de Tiogo dans le Centre-Ouest du Burkina Faso en déforestation	<b>123</b>
	Le système de protection du parc national de la Comoé	<b>138</b>

KOUAKOU M'Bra Kouakou Dieu-Donné KOUADIO Kouassi Kan Adolphe KOUADIO	(Côte d'Ivoire) : un dispositif à la hauteur des enjeux ?	
Bertin YANGA NGARY Bertrand D NDOMBI BOUNDZANGA Djeneric SAKA ALANDJI	Ressources humaines et offre de soins médicaux en zone rurale. Problèmes actuels et perspectives au Gabon	<b>150</b>
Géraud AHOUANDJINO Ousmane BEREPA Patrick AFFOIGNON Laurinda AKLOBO	Communication familiale et comportements sexuels à risque chez les collégiens du Couffo (Bénin)	<b>162</b>
Alain BOUSSOUGOU	La sédentarisation des populations dans la région d'Ekouk (Gabon)	<b>174</b>
Aaron FOUNDHO	Parrainage et situation des élèves à Banikoara	<b>187</b>
Mangliwè ENETEM Ayemi Akessime LAWANI	Analyse de la contribution de la société civile dans l'amélioration des centres d'accueil des enfants vulnérables au Togo : cas du projet d'accompagnement de l'ONG Creuset Togo	<b>201</b>
HOUEDJISSI Fingbe Ghislain	Gouvernance des pesticides et enjeux de coulisses dans les espaces peri-urbains et ruraux : cas des départements de Bouaké et de Tiebissou	<b>216</b>
Affoué Rachel KOFFI Kra Valérie KOFFI	Maintien des usages de l'eau du barrage à Taabo : la communication de lutte contre les schistosomiasés à l'épreuve	<b>230</b>
Kouakou Albert YAO Kouakou G. Barnabas KONAN	La sexualité des femmes en situation de handicap et vivant avec le VIH/Sida dans les villes d'Abidjan, Bouaké, Daloa et Yamoussoukro en Côte d'Ivoire	<b>243</b>
Régis Ollomo Ella	Détermination nominale et construction génitive en	<b>255</b>

shiwa, langue Bantu du Gabon

Sadji N’Gbansohfi GBANDEY Kodjo SOSOE	Engagement affectif et comportements de citoyenneté organisationnelle des agents de l’école supérieure d’administration et de gestion notre dame de l’église (esag-nde)	<b>266</b>
Michael MARAS	Écoles coraniques itinérantes, « Mahadjiris » et scolarisation aux écoles conventionnelles dans le Département du Logone et Chari, Extrême-nord Cameroun	<b>277</b>
Simon Pierre TIBIRI ZONGO Mathias Siaka GUE	Enseignement-apprentissage de la lecture courante dans l’enseignement primaire au Burkina Faso : les pratiques enseignantes sont-elles un frein ?	<b>286</b>
TCHANTIPO Sai Sotima M Gniré KORA GUERRA	Fondements de la dépigmentation cosmétique volontaire de la peau par les filles et femmes de Cotonou	<b>297</b>
E ZUO EPSE DIATE Sabine A TONAN T Yao ADOU Axel D D NASSA	Analyse des conflits fonciers entre les jeunes, les chefs de familles et l’état dans la mise en valeur des terrains périurbains de la métropole abidjanaise	<b>309</b>
SABLÉ Léhoua P ANGAMAN Kadio Mathieu	La question du statut épistémologique de la médecine : De Claude Bernard à Georges Canguilhem	<b>322</b>
Mama DJAUGA Sanni S SABI OROU BOGO François ALLOGNON	Cartographie des poches de criminalité transfrontalière dans la commune de Pèrèrè au Bénin (Afrique de l’Ouest)	<b>333</b>
Z MENIE OVONO O ISSA BOUYEBI Marie T ITONGO Jean B MOMBO	Apport de l’imagerie satellitale optique et radar a la caractérisation des inondations dans le grand Libreville (Gabon)	<b>346</b>

## Apport de l'imagerie satellitale optique et radar a la caractérisation des inondations dans le grand Libreville (Gabon)

### Contribution of optical and radar satellite imagery to the characterization of floods in greater Libreville (Gabon)

**Zéphirin MENIE OVONO**

Université Omar Bongo  
Email : zephirinmo@gmail.com

**Orphé ISSA BOUYEBI**

Université MOHAMED V de Rabat  
Email : ophe\_issabouyebi@um5.ac.ma

**Marie Thérèse ITONGO**

Université Omar Bongo  
Email : itongo2005@yahoo.fr

**Jean Bernard MOMBO**

Université Omar Bongo  
Email : Jb.mombo@yahoo.fr

**Résumé :** Le Grand-Libreville (Gabon) fait face au phénomène des inondations urbaines récurrentes. La gestion de ce risque est sectorielle, et les aménagements des bassins versants sont à l'arrêt pour des raisons de crise économique. L'extension urbaine non maîtrisée du Grand-Libreville amplifie les impacts de l'aléa sur les enjeux socio-économiques. Pour renforcer la stratégie de suivi et de la prévention du risque, la production d'une cartographie des inondations est envisagée. Pour y parvenir, une méthode combinant les traitements aussi bien des données radars que les images optiques a permis la réalisation d'une carte de zones inondables sur l'étendue du Grand-Libreville. Les résultats de cette analyse confirment une augmentation spatio-temporelle de l'espace en eau, qui passe de 1,42% (9,98 km<sup>2</sup>) en 1990 à 3,25% (20,74 km<sup>2</sup>) en 2021, caractéristique d'une extension des inondations.

**Mots clés :** Inondation, Gestion Intégré du Risque, Télédétection, Carte des Zones Inondées, Grand-Libreville.

**Abstract:** Grand-Libreville (Gabon) faces the phenomenon of recurrent urban flooding. The management of this risk is sector-based, and the development of watersheds has come to a halt for reasons of the economic crisis. The uncontrolled urban extension of Grand-Libreville amplifies the impacts of the hazard on socio-economic issues. To strengthen the risk monitoring and prevention strategy, the production of a flood map is planned. To achieve this, a method combining the processing of both radar data and optical images has made it possible to produce a map of flood-prone areas over the Grand-Libreville area. The

results of this analysis confirm a spatio-temporal increase in water space, which goes from 1.42% (9.98 km<sup>2</sup>) in 1990 to 3.25% (20.74 km<sup>2</sup>) in 2021, characteristic of an extension of the floods.

**Keywords :** flood, integrated risk management, remote sensing, map of flooded areas, Grand-Libreville

## Introduction

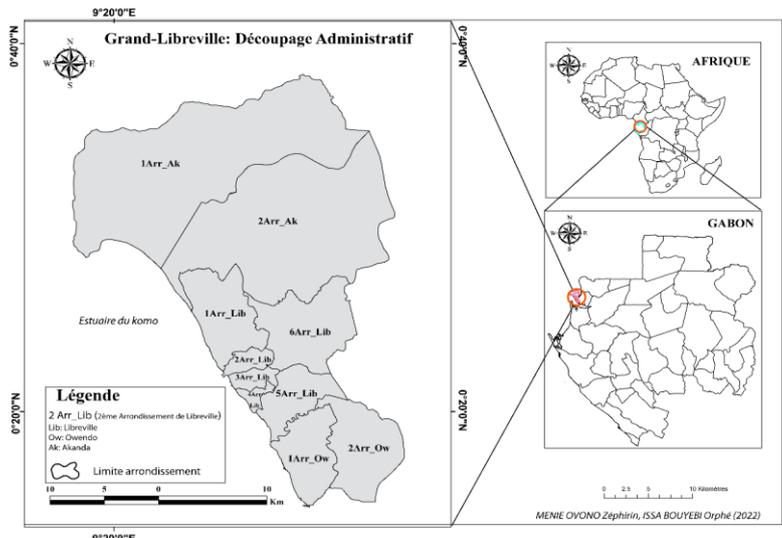
Les inondations urbaines constituent le risque touchant le plus de personnes à Libreville, capitale du Gabon (Menie, 2019, p. 39). Les impacts de ces inondations s'amplifient d'une année à l'autre, mais il est malheureusement très difficile de les évaluer avec précision (Menie Ovono et al., 2017). Le suivi et le traitement de ces inondations dans le Grand Libreville concerne 21 bassins versants côtiers urbains à forts enjeux socio-économiques. La problématique de l'assainissement de ces bassins-versants, source des inondations récurrentes, est au cœur d'un programme d'aménagement urbain depuis 2003. L'Unité de Coordination des Études et des Travaux (UCET) est la structure étatique en charge des travaux d'assainissement des bassins-versants. Mais son fonctionnement est à l'arrêt, conséquence des effets de la crise économique. Nos enquêtes de terrain font constater la non prise en compte de la production cartographique dans le suivi des inondations à l'échelle du Grand-Libreville. La multiplication des événements pluviométriques exceptionnels, l'extension spatiale des zones à risque d'inondation, et les conséquences importantes qui en découlent pour les populations, justifient l'impérieuse nécessité de faire évoluer les outils de gouvernance actuels au Gabon par une Gestion Intégrée du Risque Inondation (GIRI) (Menie, 2019, p. 16). Par ailleurs cette stratégie nécessite une production cartographique relative au risque inondation couvrant l'étendue des bassins versants.

L'objectif de ce travail est de mettre à contribution les données de la télédétection optique et radar pour cartographier les zones humides et inondées, lors des épisodes pluviométriques dans le Grand-Libreville. A travers cette étude, en complément des travaux d'assainissement des bassins versants, nous proposons des documents cartographiques de suivi de la propension des inondations à l'échelle globale du Grand-Libreville.

## 1. Méthodologie

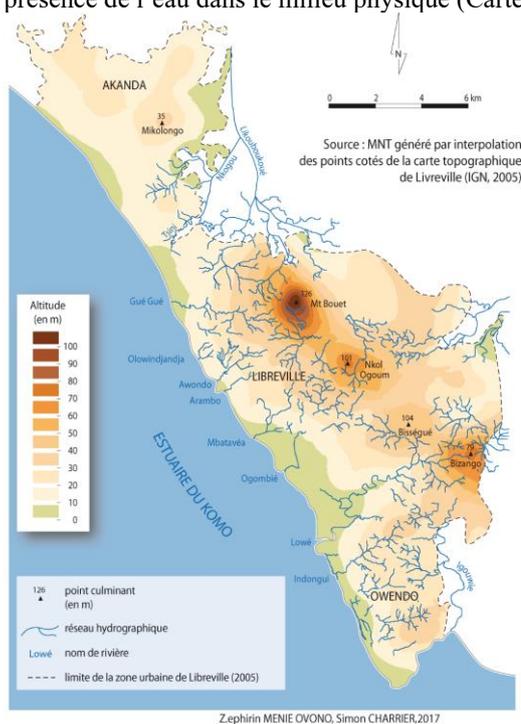
### 1.1 Présentation de la zone d'étude

Le Grand-Libreville est une communauté d'agglomérations: Akanda, Libreville et Owendo. Le découpage administratif segmente l'espace urbain en 10 arrondissements (Carte 1). Géographiquement, il se situe entre 0°23'N-0°24'N de latitude et 9°27'E- 9°15'E de longitude. Son étendue spatiale couvre une superficie de 699,184 km<sup>2</sup> (carte 1).



**Carte 1 :** situation géographique du Grand-Libreville (zone d'étude)

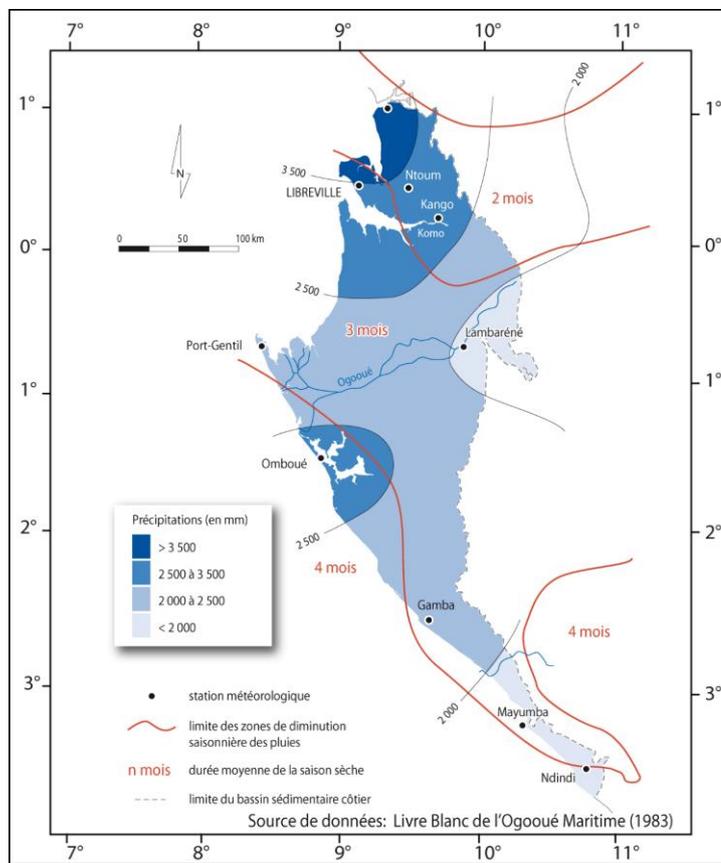
La ville a été édiée dans un espace paralique à la croisée des eaux continentales et océaniques. Libreville a été créée dans un environnement à l'origine humide (Lasserre, 1958, p. 68). Des prédispositions orographiques et hydrographiques confirment l'hyper présence de l'eau dans le milieu physique (Carte 2).



**Carte 2 :** le contexte orohydrographique du Grand Libreville

L'environnement physique du Grand Libreville constitue une mosaïque de collines et de vallées. Sa topographie de plaine littorale a une moyenne altimétrique oscillant entre le zéro marin et +126 m le point culminant du Mont Bouet (Carte 2). Cet alignement topographique constitue la source du réseau hydrographique et oriente le sens du ruissellement à travers un gradient de pentes faibles de 2 à 10 % (Mombo et al., 2007, p. 17). La prédominance d'un habitat humain dense provoque un ralentissement du ruissellement vers les exutoires, et justifie le prolongement de la durée des inondations urbaines à chaque épisode pluvieux.

Certains cours d'eau inondent régulièrement leurs vallées à chaque crue, ou presque, au moins dans certaines parties de leurs cours. Ces débordements, qui épousent le rythme des précipitations (Carte 3), sont devenus à partir de la décennie 1980 un phénomène notable et récurrent à Libreville. Les années 1984 (3 775,1 mm), 1988 (3 983,1 mm), 1989 (2 588,1 mm), 1990 (2 901,6 mm), 1992 (2 640,4 mm), 1994 (2 330,7 mm), 1996 (3 337,7 mm) et 2000 (3 345,5 mm) ont toutes été marquées par des inondations qui, progressivement et en fonction du rythme et de la concentration et de l'extension de l'implantation humaine dans un milieu déjà prédisposé, induisent les effets dommageables sur la société et son environnement (Maloba Makanga, 2007, p. 117).



MENIE OVONO Zéphirin, ISSA BOUYEBI (2022)

**Carte 3:** Répartition des précipitations annuelles sur le littoral du Gabon

Les variations saisonnières de l'écoulement des cours d'eau reflètent celles des précipitations, mais avec un léger décalage dû au rôle d'éponge joué par le sol qui absorbe une bonne quantité des eaux, surtout au début des périodes pluvieuses. Ces conditions climatiques et météorologiques sont d'autant plus importantes dans la compréhension des facteurs naturels du déclenchement des inondations, qu'elles se trouvent renforcées par d'autres éléments du contexte environnemental dont celui de la nature des sols de cette zone côtière.

## 1.2 Collecte et traitement des données

### 1.2.1 Matériel

La base de données d'observation de la terre peut intégrer différentes sources de données, optique ou radar, du fait des multiples systèmes imageurs actuellement en orbite (Henry, 2002, p. 38). L'auteur précise que ces images nécessitent une part importante de traitement et d'expertise. Trois sources de données ont été nécessaires pour mener à bien ce travail (Tableau 1). Les images ont été téléchargées via les sites <https://earthexplorer.usgs.gov/> et <https://glovis.usgs.gov>, dont une image Landsat 4/5 TM du 07/02/1990, une image Landsat 7 ETM+ du 04/05/2001 et une image Sentinel-2B du 07/03/2021. Ces images ont été sélectionnées sur la base d'une bonne qualité de la couverture nuageuse avec un maximum de 25%, évitant ainsi l'altération des informations par les nuages. Les plateformes de téléchargement de ces images fournies des données avec différents niveaux de traitements. Les images radar Sentinel-1A ont été prises à des saisons différentes. Contrairement aux données optiques, les images radar demandent un ensemble de prétraitement long et fastidieux en fonction du type d'outil et de machine. Le Modèle Numérique de Terrain (SRTM) a été destiné pour l'analyse morphologique et morphométrique de la zone d'étude. Les algorithmes, qui permettent d'estimer la répartition des données de température et de précipitations, requièrent la connaissance des enregistrements météorologiques au moment de passage des satellites sur la zone d'étude. Pour cela, nous avons recueillies les données de températures et précipitations sur le site web NASA. Les caractéristiques physiques de ces différentes sources de données sont compilées dans le tableau 1, ci-après.

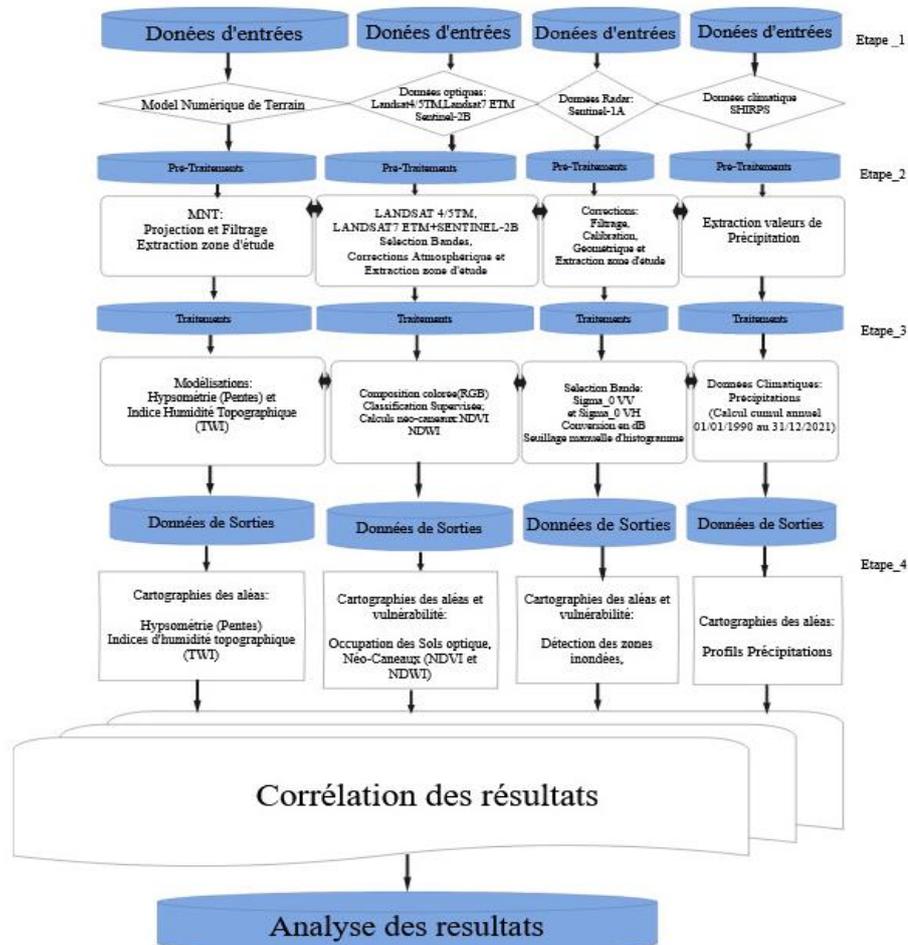
**Tableau 1:** Caractéristiques des données utilisées

Données	Périodes de prises	Résolution spatiale	Bande spectrale/Polarisation
Landsat4/5 TM	07/02/1990	30 m	<b>B3-Rouge ;B4-PIR ;B5-MIR</b>
Landsat7 ETM+	04/05/2001	30 m	<b>B3-Rouge ;B4-PIR ;B5-MIR</b>
Sentinel-2B	07/03/2021	10 m et 20 m	<b>B4-Rouge ;B8A-PIR ;B11-MIR</b>
Sentinel-1A	04/07/2021	5 m	<b>Sigma0_VV ;Sigma0_VH</b>
	07/12/2021	5 m	<b>Sigma0_VV ;Sigma0_VH</b>
MNT		30 m	

**Source 1 :** Issa Bouyebi Orphé, Menie Ovono Zéphirin (2022).

### 1.2.2 Méthodologie de traitements des données

Pour ce faire, de nombreuses approches méthodologiques ont été développées pour ressortir tous les paramètres de modélisations et d'identification des inondations urbaines. Ces modélisations ont fait appel à divers algorithmes de traitement des images optique, radar, MNT et des données climatiques. Les traitements des données et les résultats obtenus sont présentés par le diagramme synthétique ci-dessous (fig.1).



**Figure 1:** Méthodologie générale de l'étude

### 1.2.3 Traitements des données

Les traitements appliqués aux images optiques peuvent être scindés en deux groupes traités dans les étapes 2 et 3 de la méthode générale appliquée dans le cadre cette étude (fig.1) : les prétraitements comprenant les préparations géométriques et radiométriques des données (étape 2), et l'extraction thématique qui concerne autant la classification de l'occupation du sol et les calculs d'indices spectraux (Henry, 2002, p.37) (étape 3).

Les traitements radiométriques effectués dans l'étape 2 consistent à éliminer les effets astronomiques par transformation des comptes numériques bruts en réflectance exo-atmosphériques (Begni, 1988, pp.16-27). Du point de vue géométrique, les images sont acquises avec des systèmes de projections géographiques différents. Par souci d'uniformisation de projection géographique, un calage est effectué en entrée du SIG. La qualité des corrections est alors conditionnée par celle de données de référence, la précision et la résolution du MNT, la connaissance et l'intégration de la géométrie d'acquisition (Henry, 2002). L'extraction thématique se base sur l'analyse des canaux d'acquisition et de

certaines combinaisons linéaires de ces canaux. Les indices déduits permettent d'accéder à l'intensité du phénomène trop complexe pour être décrits par des paramètres simples (Bannari et al, 1995, p.96) : on citera par exemple les indices de végétation. Pour répondre à cet impératif de caractérisation des évolutions d'occupation des sols les indices spectraux NDWI et NDVI ont été analysés sur les périodes 1990-2001 et 2001-2021. Le but étant d'observer la traçabilité historique la plus lointaine possible du phénomène d'inondation.

L'essentiel des prétraitements Radar ont pour objet la réduction de l'effet de chatoiement (spekel) et de corriger les déformations géométriques, qui affectent la lisibilité des images. Le traitement permet de distinguer ou de détecter l'évolution des zones de forte humidité et même inondées à partir de l'algorithme du seuillage appliqué sur les deux histogrammes des images Sentinel-1A.

Comme le calage, la projection du MNT dans le bon système de coordonnées permet d'avoir le même résultat et le filtrage du MNT a pour objectif de remplir les zones de pixels vides. L'étape suivante consiste à extraire la zone de travail afin d'effectuer la chaîne de traitement qui nous a permis de ressortir les informations liées aux calculs de pentes et d'indice d'humidité topographique.

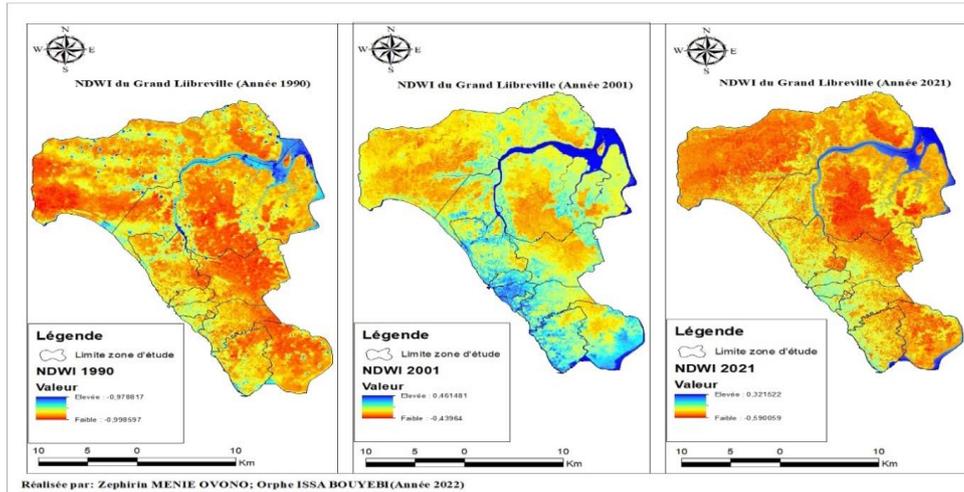
Les algorithmes qui permettent d'estimer la répartition des données de pluviométrie requièrent la connaissance des enregistrements météorologiques au moment de passage des satellites sur la zone d'étude. Pour cela, nous avons recueillies les données climatiques liées à la pluviométrie sur le site web NASA. Ces données de précipitations sont de type CHIRPS. Elles nous ont permis de caractériser le profil pluviométrique représentée sur la fig.2 afin d'identifier les seuils maximums des espaces susceptibles d'être inondées. Ce profil est généré sur une période de 31 ans allant de 1990 à 2021. Il est obtenu à partir du cumul annuel de la pluviométrie.

## **2. Résultats**

### **2.1 Les néo-canaux**

#### **2.1.1 NDWI**

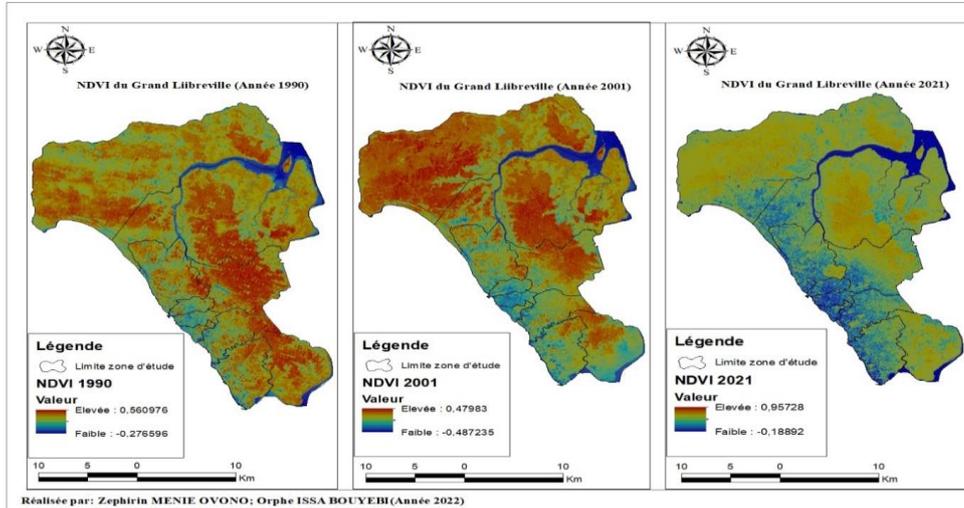
Comme l'indique son nom, cet indice a pour principale caractéristique la mise en exergue des classes correspond aux entités hydriques. En effet, l'eau a pour propriétés spectrales, une grande absorption dans la bande infrarouge à courte longueur d'onde (SWIR) et une faible absorption dans la bande proche infrarouge. De ce fait, plus la valeur de cet indice augmente, plus les eaux superficielles sont détectées, car la bande SWIR devient saturée suite à l'importance de la réflectance dans la bande proche-infrarouge. Par conséquent, les valeurs positives de cet indice indiquent la présence de l'eau sur le couvert végétal. Ce qui suggère des traces d'humidité au niveau de la zone en question (Oucherif A., 2017, p. 29-30). Concernant notre étude, le calcul du néo-canal NDWI a permis d'estimer la teneur en eau des sols, qui est comprise entre -0,93 et 0,41 d'humidité au cours de la période allant de 1990 à 2021 (Carte 4).



**Carte 4:** Dynamique du néo-canal de NDWI généré à partir des images optiques indiquant la variation temporelle du contenu en eau des sols de l'ensemble des bassins versants.

### 2.1 2 NDVI

Cet indice joue un rôle particulier en ce que ce dernier permet d'établir une comparaison entre des images acquises à des périodes différentes à travers la mise en évidence de l'évolution du couvert végétal. Comme tous les indices de végétation, le NDVI exprime l'absorption spectrale de la chlorophylle dans la bande rouge, par rapport à la réflexion dans la bande proche infrarouge influencée par la structure des feuilles. En théorie, les valeurs sont comprises entre -1 et +1 (Oucherif A., 2017, p. 8). Les valeurs positives caractérisent les formations végétales, dont les plus élevées correspondent aux couverts les plus denses. Le calcul du néo-canal NDVI a permis d'estimer la teneur en eau des sols, qui est comprise entre -0,93 et 0,41 d'humidité au cours de la période retenue (Carte 4).



**Carte 5:** Dynamique du néo-canal NDVI généré à partir de données optique indiquant la variation temporelle de la chlorophylle du couvert végétal de l'ensemble des bassins versants.

L'échantillonnage des valeurs des néo-canaux au cours des trois dates de l'étude conforte les pics minimal et maximal du NDWI respectivement pendant les années 1990 et 2001 (fig. 2). Aussi pour le NDVI, les valeurs faibles et fortes sont observées respectivement en 2001 et 2021.

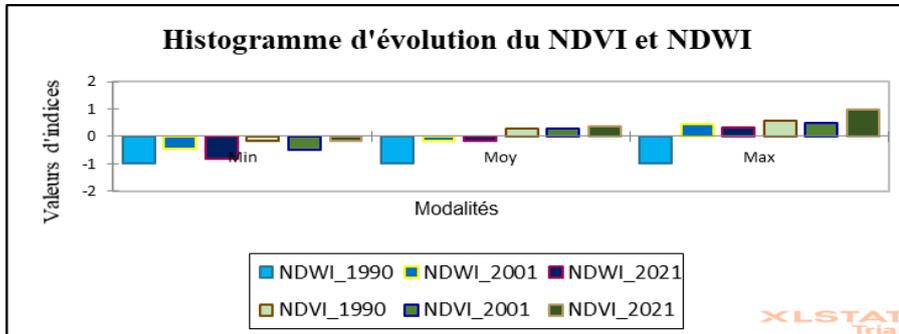
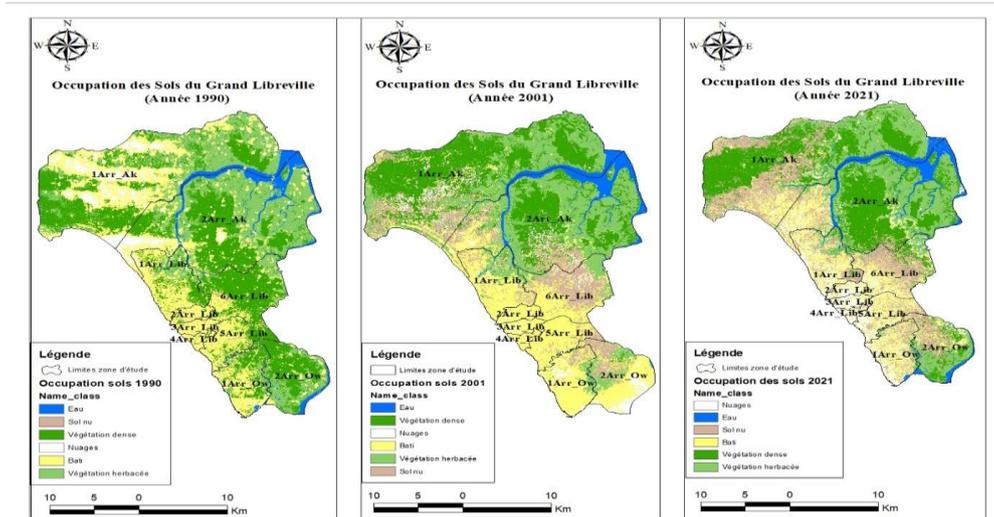


Figure 2: Diagramme d'évolution d'indices spectraux d'occupation des sols entre 1990 à 2021.

### 2.2 La dynamique de l'occupation du sol

L'étude d'occupation du sol discrimine parfaitement les dynamiques d'urbanisation et de la végétalisation, ainsi que la transformation des sols nus (carte 6).



Réalisée par: Zephirin MENIE OVONO et Orphe ISSA BOUYEBI  
 Carte 6: Dynamique d'occupation des sols des années 1990 ; 2001 et 2021 respectivement généré à partir des images Optiques Landsat4/5 TM, Landsat7 ETM+ et Sentinel-2B.

L'étude des conséquences de l'urbanisation ou de la transformation des forêts (denses et claires) et des sols nus dans la zone urbaine du grand-Libreville nécessite la détermination des changements d'utilisation ou occupation des sols. Le modèle de distribution des zones bâties dans le Centre-Ouest de la ville en 1990 s'est étendu progressivement au cours du temps, entraînant ainsi l'extension urbaine, qui a un impact probable sur la détérioration du climat urbain mais surtout l'absence des zones d'infiltrations des eaux de précipitations entraînant le phénomène des IU. Dans l'ensemble, les zones bâties se sont étendues dans

différentes directions au cours de la période d'étude et plus particulièrement dans les zones Nord-Ouest et Sud-Ouest de la ville.

Ainsi, les résultats issus des classifications des images révèlent deux grandes tendances de changement de l'occupation du sol durant les 31 ans (Tableau 2).

- Une évolution des surfaces bâties, sols nus et eau passent respectivement de 6,84% (47,53 km<sup>2</sup>) à 16,41% (114,06 km<sup>2</sup>), 0,73% (4,94 km<sup>2</sup>) à 18,24 (96,79 km<sup>2</sup>) et 4,56% (31,69 km<sup>2</sup>) à 5,60% (38,91 km<sup>2</sup>) entre 1990 et 2021 ;

- Une diminution des surfaces forêt dense et forêt claire passant respectivement de 32,51% (225,92 km<sup>2</sup>) à 28,31% (180,86 km<sup>2</sup>) et 27,59% (191,74 km<sup>2</sup>) à 23,70% (164, 72 km<sup>2</sup>) pour la même période 1990-2021.

**Tableau 2:** Pourcentage de changement d'occupation des sols de 1990 à 2021.

Classes d'occupation des Sols	Superficies (Année 1990)		Superficies (Année 2001)		Superficies (Année 2021)	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Bâties	47,53	6,84	81,32	9,13	114,06	16,41
Eau	31,69	4,56	32,41	4,67	38,91	5,60
Forêt dense	225,92	32,51	175,21	26,31	180,86	28,31
Forêt claire	191,74	27,59	179,92	25,89	164,72	23,70
Sol nu	4,94	0,73	50,83	7,31	96,79	18,24
Nuages	193,02	27,77	185,13	26,64	97,48	9,71
Total	694,84	100	694,84	100	694,84	100

Source 2 : MENIE OVONO Zéphirin, ISSA BOUYEBI Orphé (2022)

Et dans la troisième phase de l'étude, le suivi spatio-temporel du coefficient de rétrodiffusion afin d'extraire les zones considérées inondées à partir des données radar. Mais avant nous allons ressortir le profil de pluviométrie sur une période de trente-un ans (31ans) et aussi le calcul de l'humidité topographique des sols de l'espace d'étude. Le dernier point consiste à faire une corrélation des résultats afin d'établir une cartographie des territoires vulnérables.

### 2.3 Le profil des précipitations

Du profil de précipitations (fig.2) de ces 31 dernières années, on retient que :

- Les précipitations les plus intenses ont été enregistrées pendant la 10<sup>ème</sup> année correspondant à l'année 1999, avec un cumul de précipitation annuel de 2100 mm de hauteur,
- Les faibles précipitations ont été enregistrées à la 26<sup>ème</sup> année qui correspond à celle de 2014, avec un cumul de précipitation atteignant les 1500 mm de hauteur.

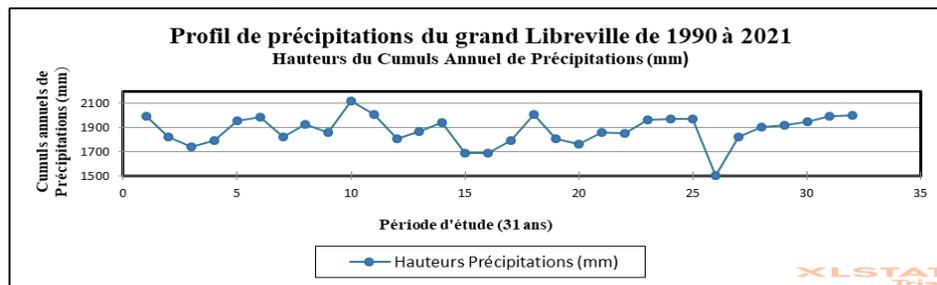
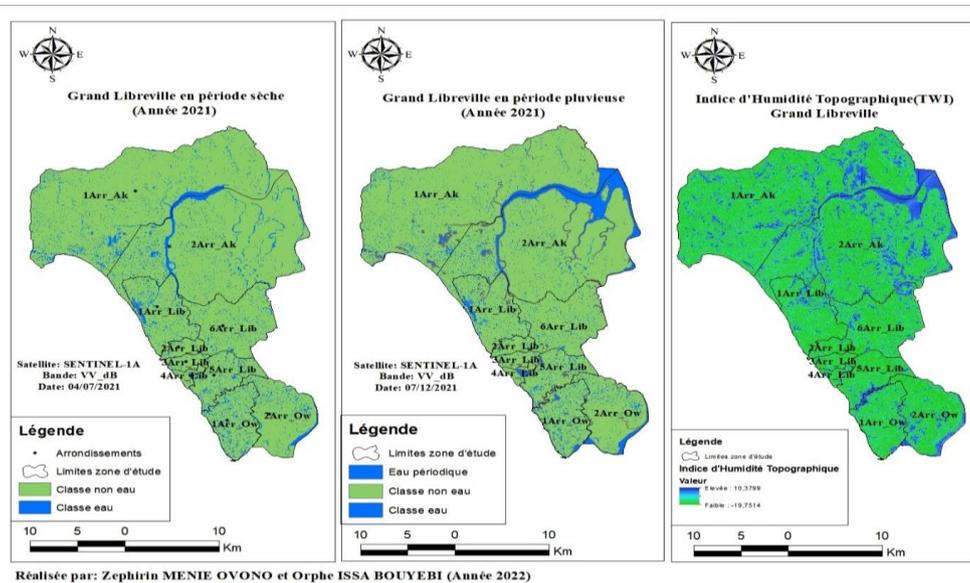


Figure 2 : Profil de précipitations du Grand Libreville réalisé à partir de données CHIRPS de 1990 à 2021.

### 2.4 Cartographie des zones inondées

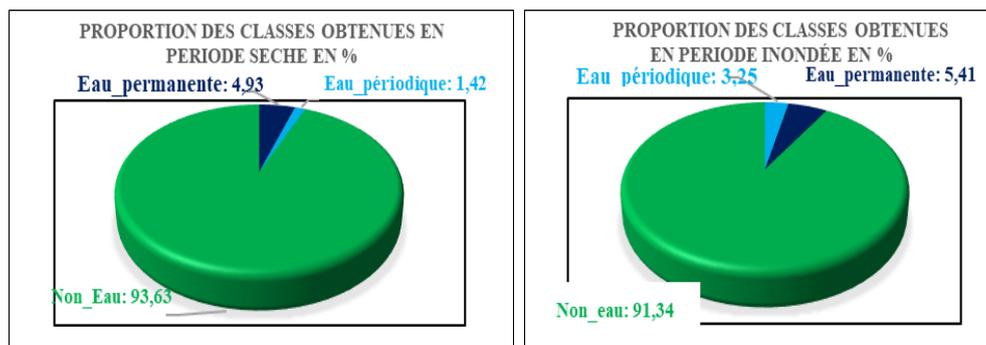
L'ensemble des traitements opérés sur les images satellites a permis la réalisation des cartes topographiques des zones humides (Carte 7) et des zones inondées en 2021 (Carte 8).

La cartographie de zones humides imprime la dynamique saisonnière de la région du Grand-Libreville, qui est la conséquence d'un climat équatorial bimodal avec une alternance entre les saisons sèches et les saisons pluvieuses.



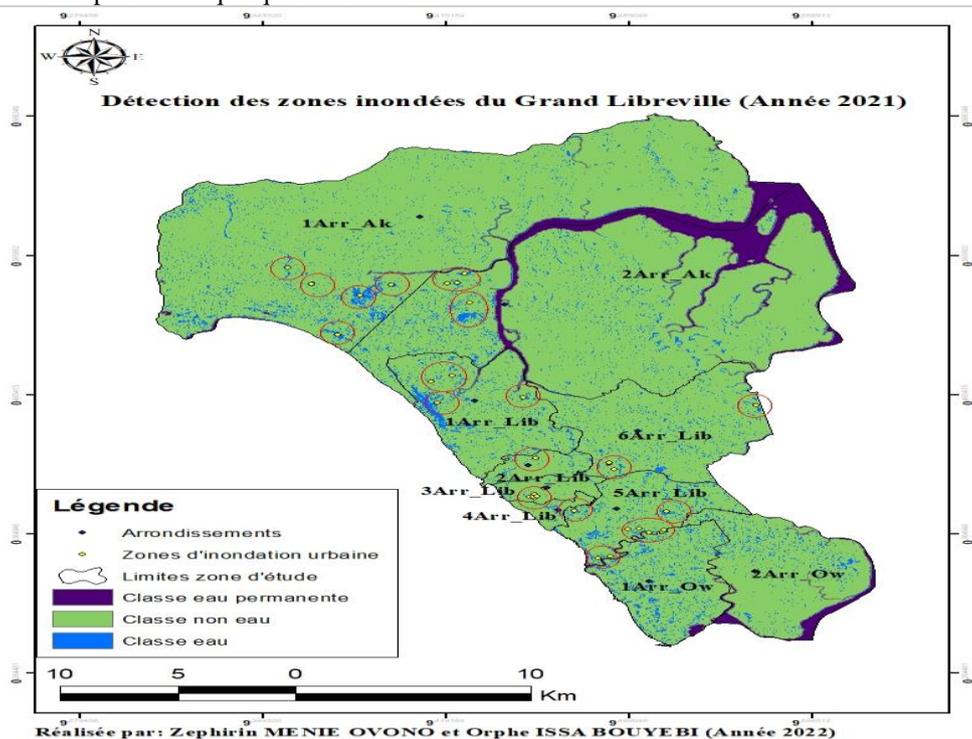
**Carte 7 :** Résultats de superpositions des classes non-eau, eau permanente et eau périodique (à gauche en période sèche, à droite en période très pluvieuse) et indice d'humidité topographique. Extraits à partir d'imagerie radar Sentinel-1 et MNT.

Les diagrammes de la figure 3 confirment le changement considérable de la classe « eau périodique », qui passe de 1,42% (9,98 km<sup>2</sup>) à 3,25% couvrant ainsi une surface de l'ordre de 20,74 km<sup>2</sup>.



**Figure 3 :** Diagrammes illustrant les proportions des classes obtenues période sèche et en période inondée de l'année 2021

Les trois classes ont été obtenues sur l'image prise en période d'inondation (carte 8). Mais celles-ci présentent quelques anomalies :



**Carte 8:** Résultats des zones inondées (image de période très pluvieuse). Extraits à partir d'imagerie Radar Sentinel-1A.

### 3. Discussion

Dans le cadre de cette étude, les zones inondées ont été bien identifiées en utilisant la méthode de seuillage basée sur les histogrammes. Cette dernière a été appliquée sur les deux images dont l'une prise en période sèche et l'autre en période d'inondation (période pluvieuse). Mais avant un ensemble de paramètres anthropiques et climatiques ont été prises en compte. Tels que l'évolution d'occupation des sols, l'état de la végétation et d'humidité des sols.

Il convient de préciser qu'une étude sur l'identification des zones à risques d'inondation a déjà été réalisée dans la zone du grand-Libreville. Ainsi, l'identification des zones sujettes aux inondations dans cette étude a été effectuée par la méthode AHP couplée à la logique floue à partir des résultats de données MNT et optique. Cette méthode AHP a été aussi utilisée par (Yahaya, 2010, p.14) dans une étude similaire au Nigeria mais les résultats se sont avérés différents. Cela peut s'expliquer par les paramètres liés soit à l'aléa, soit à la vulnérabilité qui n'ont pas été prise en compte.

Ainsi, nous disposons d'une méthode standard qui présente beaucoup de limites. Pour cela, nous avons alors opté au couplage des données MNT, optiques et radars qui présentent plus de précision que l'approche de la première étude réalisée dans la zone du grand-Libreville. En effet, les traitements des données discriminent un certain nombre de résultats :

Les images optiques ont permis le calcul du néo-canal NDWI afin d'estimer la teneur en eau des sols, qui est comprise entre -0,93 et 0,41 d'humidité au cours de la période retenue. Ainsi, l'observation des valeurs du NDWI présente une évolution constante pour l'année 1990 comprise entre la valeur forte 0,97 et la valeur faible -0,99. Une évolution croissante a été enregistrée au cours des années 2001 et 2021, comprise respectivement entre la valeur forte 0,32 et la valeur faible -0,59. Et, les calculs des NDVI ont permis de dépeindre l'activité chlorophyllienne et de suivre la végétation des bas-fonds en périodes pluvieuses dans la zone d'étude. L'observation du NDVI montre un ralentissement en 1990 et en 2001, respectivement entre les valeurs fortes 0,56 et 0,47 et les valeurs faibles -0,27 et -0,48. Une croissance des valeurs au cours de l'année 2021 est notée, avec comme valeur forte 0,95 et valeur faible -0,18. Mais surtout les dynamiques d'occupation des sols ont été cartographiées en 1990, 2001 et 2021 avec des précisions globales supérieures ou égales à 87%. Le modèle de distribution des zones dans le Centre-Ouest de la ville en 1990 s'est étendu progressivement au cours du temps par l'effet d'extension urbaine progressive. Cela a un impact probable sur la détérioration des zones d'infiltration naturelles des eaux pluviométriques à l'origine des inondations urbaines. Dans l'ensemble, les zones bâties se sont étendues dans différentes directions au cours de la période d'étude, et plus particulièrement dans les directions Nord-Ouest et Sud-Ouest de la ville. Il est évident qu'un changement substantiel des classes thématiques d'occupation des sols s'est produit pendant ces différentes années. Globalement, les surfaces bâties et les sols nus ont augmenté en surface entre 1990 et 2021.

La méthode de seuillage d'histogramme d'imagerie radar Sentinel-1A est très utilisée dans les différents travaux scientifiques de traitement d'image satellitaires (Cazals, 2017, p. 69-70). Le seuil  $t$  optimal est celui qui minimise la variance intra-classe pondérée illustré par l'histogramme. Les deux classes sont séparées par le seuil  $t$ . En effet, le seuil  $t$  prend toutes les valeurs, dans le cas de cette étude le seuil -15db (fig.4) est celle qui améliore la variance interclasse sélectionnée. Cette méthode requiert que l'histogramme soit bimodal. Souvent calculé localement, le seuil est donc calculé sur des images de très petites surfaces contenant suffisamment d'eau pour obtenir un meilleur résultat (Cazals, 2017, p. 36). Le seuillage d'histogramme par la méthode manuelle des images radar a permis d'obtenir un certain nombre de zones recouvertes d'eau. L'importation et la superposition du résultat de seuillage ont permis d'avoir plus de précision sur la couverture d'eau périodique dans les zones urbanisées, puis de faire la différence entre les cours d'eau permanent et les eaux périodiques de la zone d'étude. Ainsi, ont été dénombrés 17 points de contrôle dénommés Zone Inondées (ZI) à travers les trois communes. Nous remarquons que les surfaces inondées sont réparties dans les 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> arrondissements de la commune d'Akanda, dans les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> arrondissements de la commune de Libreville et dans le 1<sup>er</sup> arrondissement d'Owendo.

L'élaboration des différentes cartes des inondations met en relief le caractère instantané et imprévisible de l'aléa. Il ressort de même que la propension des inondations est étroitement liée à la densité du réseau hydrographique du Grand-Libreville.

## Conclusion

Les données de télédétection Optique et Radar se révèlent utiles pour la caractérisation et le suivi de l'aléa inondation dans le Grand-Libreville. Dans un contexte économique difficile et défavorable à l'aménagement des 21 bassins versants, la stratégie de suivi et de prévision des inondations devraient être valorisée. Les images satellites d'accès gratuits permettent de

faire le suivi annuel. La cartographie induite devrait intégrer les schémas d'aménagement urbain, pour une prise en compte du risque dans l'occupation du sol en milieu urbain.

La cartographie des zones inondées se doit être dynamique. Pour cela, l'acquisition annuelle des images satellites à Très Haute Résolution spatiale (THR) améliorerait la qualité des documents cartographiques.

Le Grand-Libreville est menacé par les inondations et l'anthropisation des milieux naturels. La télédétection est un moyen efficace de suivre des variables environnementales sur ce grand espace. Le couplage des images optiques et radar pour ce travail est d'une importance capitale, en dépit de la qualité des données fortement altérées par le couvert nuageux qui est très important surtout en saison pluvieuse, d'où l'usage des données radar permettant de pallier à ce problème.

Dans la perspective de l'amélioration de cette étude, l'acquisition des données téléportées par drone est à exploiter parce qu'elles permettent le suivi du caractère de l'aléa à des échelles spatio-temporelles fines.

### Références bibliographiques

- BANNARI Abdou., MORIN Daniel., BONN Ferdinand., HUETTE Alfredo., 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sensing Review*, vol.13, pp. 95-120.
- BEGNY Georges, 1988. Document de synthèse sur l'étalonnage absolu des données Spots, Rapport CNES, 47 p.
- CAZALS Cécile, 2017. Apport des données Sentinel-1 pour la cartographie des milieux humides. Thèse de Doctorat Géographie, Université Paris-Est, 174 p.
- HENRY Jean-Baptiste., 2002. Techniques spatiales et systèmes d'information pour la gestion des inondations. *Revue XYZ*, N°93, 4ème trimestre 2002, 41 p.
- LASSERRE Guy, 1958. Libreville, la ville et sa région, étude de géographie humaine. Cahiers de la fondation nationale des sciences Politiques, Paris, Colin, n°98, 347 p.
- MALOPA MAKANGA Jean Damien, 2007. Quelques traits climatiques du Gabon : le cas de la distribution des précipitations mensuelles. *Revue gabonaise de Géographie*, LANASPET, Libreville, n° 2, Juillet, pp. 109-127.
- SERPICO Sebastiano, DELLEPIANE Silvana, BONI Giorgio, MOSER Gabriele, ANGIATI Elena, RUDARI Roberto, 2015. Information extraction from remote sensing images for flood monitoring and damage evaluation. *Proceedings of the IEEE*, vol. 101, no. 3, 2015, pp. 631-651.
- MENIE OVONO Zéphirin, ITONGO Marie-Thérèse, MOUKANA LEBONGUI Jean Aurélien, 2017. Les villes inondées du littoral du Gabon. Ouvrage Les régions littorales du Gabon-Éléments de réflexion pour une planification stratégique du territoire. Coédition LETG-Nantes Géolittomer, UMR 6554 CNRS (France) et Raponda-walker (Gabon), pp. 289-313.
- MOMBO Jean Bernard, MOUNGANGA Magloir-Désiré., IBOUANGA Brice, FAURE Edgar., 2007. Gabon : profil environnemental de la zone côtière. Libreville, ONUDI, 112p.
- OUCHERIF Amel, 2017. Proposition d'un filtre d'image satellite pour la localisation des zones potentiellement humides sur le département de la Drôme. Rapport de stage doctoral dans le cadre de la bourse PROFAS: IRSTEA, 48 p.
- YAHAYA SAAD et al., 2010. Multicriteria Analysis for Flood Vulnerable Areas in Hadejia-Jama'are River Basin, Nigeria. vol. 42, n° 1, pp. 14.