



LA COMMUNE DE COCODY, UN TERRITOIRE EXPOSE AUX INONDATIONS

DIABATE Mantouéla

Doctorante en Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan

BAMBA Yaya

Maître-Assistant, Géographe, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan

ALLA Della André

Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.17867191>

Résumé

Cocody, l'une des communes les plus huppées de la ville d'Abidjan et qui a bénéficié des meilleures commodités, est touchée chaque année lors des saisons pluvieuses par des inondations. Les autorités gouvernementales, locales et la population tentent en vain de maîtriser ce phénomène récurrent. Malgré tous leurs efforts, dans cette commune, l'inondation demeure une préoccupation majeure dans certaines zones car elle engendre des conséquences tant au plan matériel qu'humain. Cette étude a pour objectif général d'une part de déterminer les causes et les conséquences des inondations et d'autre part d'identifier les zones à risque d'inondation à partir de l'Analyse Multicritère de Saaty. En termes d'objectif spécifique, il s'agit pour nous de déterminer les causes et les conséquences des inondations dans la commune de Cocody, d'identifier les facteurs d'aléa et de vulnérabilité à l'origine des inondations et de cartographier les zones d'inondation à partir de l'Analyse Multicritère de Saaty. L'approche méthodologique a consisté à utiliser la méthode d'Analyse Multicritère de Saaty pour la hiérarchisation, la combinaison et le paramétrage des facteurs intervenant dans le processus de manifestation de l'inondation afin d'obtenir les cartes d'aléa inondation et de vulnérabilité. Le croisement de ces deux cartes dans un Système d'Information Géographique, a permis d'obtenir la carte du risque d'inondation de Cocody. La carte du risque d'inondation de la commune de Cocody révèle que les zones à risque d'inondation "faible" et "moyen" couvrent respectivement 43.76% et 42.06. Quant aux zones "élevé" et "très élevé", elles couvrent 10.47% et 3.71%. Cette carte de risques constitue un outil d'aide à la décision et qui facilite la gestion des inondations à Cocody.

Mots clés : Inondation, système d'information géographique, télédétection, analyse multicritère, Cocody.

Abstract

Cocody, one of the most affluent districts of Abidjan that has benefited from the best amenities, is affected every year during the rainy seasons by flooding. Government authorities, local officials, and residents attempt in vain to control this recurring phenomenon. Despite all their efforts, flooding remains a major concern in certain areas of the district, as it causes both material and human consequences. The general objective of this study is, on the one hand, to determine the causes and consequences of flooding, and on the other hand, to identify flood-prone areas using Saaty's Multi-Criteria Analysis. Specifically, the study aims to determine the causes and consequences of flooding in Cocody, to identify hazard and vulnerability factors responsible for these floods, and to map flood zones through Saaty's Multi-Criteria Analysis. The methodological approach consisted of applying Saaty's Multi-Criteria Analysis for the

prioritization, combination, and parameterization of factors involved in the flooding process, in order to produce hazard and vulnerability maps. The overlay of these two maps in a Geographic Information System made it possible to obtain Cocody's flood risk map. The flood risk map of Cocody shows that areas with "low" and "medium" risk cover 43.76% and 42.06% respectively, while "high" and "very high" risk zones represent 10.47% and 3.71%. This risk map serves as a decision-support tool and facilitates flood management in Cocody.

Keywords: Flooding, Geographic Information System, Remote Sensing, Multi-Criteria Analysis, Cocody.

Introduction

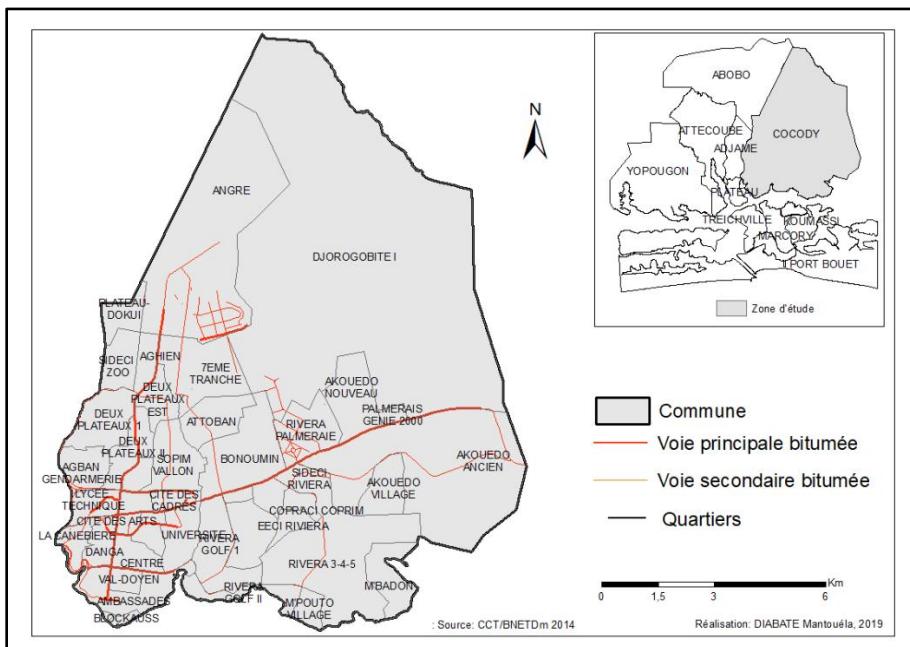
Cocody est l'une des communes d'Abidjan. Elle est limitée au nord par la commune d'Abobo, au sud par la lagune Ebrié, à l'ouest par les communes d'Adjame et du Plateau (figure 1). Sa population est de 447 055 habitants dont 207 382 hommes et 239 673 femmes. La densité de son espace urbanisé s'élève à 3 387 habitants/km² selon le RGPH, 2014 sur une superficie d'environ 119.6 km². Son relief est un plateau caractérisé par des vallées et des vallons souvent non drainés en saison sèche avec une baie particulièrement profonde mesurant une longueur d'environ 5,3 Km. La lagune Ebrié qui longe toute la bordure de Cocody, sert d'exutoire à ses vallées et vallons. Ses altitudes y sont variables, allant de -4 m à 136 m, avec en moyenne environ 62 m. Ayant bénéficié du programme d'urbanisation de la ville d'Abidjan, elle est connue pour ses maisons de haut et moyen standing des quartiers résidentiels. Cocody, commune huppée d'Abidjan n'échappe pas à ce phénomène d'inondation. Ces dernières années, cette commune a connu des pluies diluviales qui ont provoqué de nombreux dégâts. En 2017, par exemple, Cocody a enregistré la mort de 7 personnes et de plusieurs dizaines autres évacuées de leurs maisons, 20 personnes et coûté près de 18 milliards de francs CFA (27 millions d'euros) de pertes et dommages en 2018 et en 2020 721 ménages sinistrés, soit 3 605 personnes affectées, 9 blessés et 19 décès (Abidjan.net, 2017, 2018 et 2020). Au regard de ce qui précède, l'étude des inondations dans la commune de Cocody se justifie par une vulnérabilité qui augmente fortement avec le développement urbain dans les zones inondables. Pour remédier à ce problème, il est important de connaître les types d'inondation qui se manifestent dans la commune de Cocody. Puis, les causes des inondations et les conséquences de celles-ci sur la population. Enfin, faire une cartographie à partir de l'analyse multicritère de Saaty pour identifier les zones les plus à risque d'inondation.

1. Cadre méthodologique de l'étude

1.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude, qui est la commune de Cocody, est située au Nord d'Abidjan. Cette commune est comprise entre les longitudes 3°50' et 4°10'W et les latitudes 5°10' et 5°30'N. Elle est limitée à l'est par Bingerville, au nord par Abobo, au sud par la lagune Ebrié et à l'ouest par le Plateau et Adjame (figure 1). Elle a une superficie de 132 km². Cocody est considérée comme une commune résidentielle. Elle est réputée pour ses maisons de haut et moyen standing des quartiers résidentiels tels Deux-Plateaux, Riviera, Angré, Riviera Palmeraie, Riviera Golf, la 7^e Tranche. C'est l'une des communes qui disposent d'importants infrastructures scolaires et universitaires avec une population de 692 583 habitants selon le RGPH effectué en 2021. Au plan physique, cette commune est soumise à un climat équatorial qui se divise en quatre (4) saisons dans le cycle annuel dont deux (2) saisons pluvieuses et deux (2) saisons sèches, caractérisé par une abondance de précipitations. Elle se développe sur un relief de plateau séparé d'Adjame et du Plateau par une grande échancrure qui part du sud d'Abobo à la baie de Cocody. Avec une altitude qui varie entre 80 et 100 m au nord et entre 20 et 30 m au Sud.

Figure 1: Localisation de la commune de Cocody



1.2 Approche méthodologique

1.2.1 Les données de l'étude

Pour réaliser cette étude, diverses sources de données ont été utilisées. Il s'agit :

- ❖ L'image ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) de 2017 a été téléchargée sur le site <https://www.forumsig.org/showthread.php> pour élaborer les données topographiques. Elle a une résolution spatiale de 30 m. L'image est utilisée pour l'élaboration de la carte de relief sur le logiciel Arcgis.
- ❖ Une image du satellite Sentinel 2 de résolution 10 m ont été utilisées dans notre étude. Il s'agit d'une image de 2017. Les scènes ont été choisies en saison sèche où la couverture nuageuse est quasi absente.
- ❖ Les données cartographiques utilisées seront constituées de la carte pédologique des Travaux
- ❖ Le site Iri-Colombia ont permis d'avoir des données de pluviométries de Cocody. Ces données de précipitations se présentent sous la forme d'enregistrements de la quantité en mm de pluie sur une période d'enregistrement qui va de 1981 à 2018 et permettent d'évaluer les impacts sur les sites occupés de façon irrégulière ou non. Publics de 2017 d'Abidjan et de la carte de la limite administrative géoréférencée de Cocody de 2013 réalisée par le BNED/CCT.

1.2.2 Processus de cartographie des zones à risque d'inondation

La mise en place de la carte d'inondation à partir de l'analyse multicritère de Saaty a été effectuée à partir de la combinaison des facteur d'alea (pente, intensité des précipitations, densité de drainage et altitude) et les facteurs de vulnérabilité (densité de population et l'occupation du sol).

1.2.2.1 Cartographie des facteurs d'alea à l'inondation

➤ Carte de pente

L'image aster Dem de 2017 est utilisée pour l'élaboration du MNT de la zone d'étude. L'on a eu recours à l'outil « Slope » de « Spatial Analyst tools » du logiciel ArcGis. La pente élaborée reflète la géomorphologie de la zone d'étude.

➤ Carte de l'intensité de pluviométrique

Les données de précipitations de 1981 à 2019 sont utilisées pour élaborer la carte de l'intensité de précipitation. A cet effet, la méthode d'interpolation de type krigage du logiciel ArcGis est utilisée pour faire une extrapolation. Chaque point donné, avec ces coordonnées géographiques et la mesure pluviométrique, sera utilisé à cet effet.

➤ Carte de densité de drainage

La carte de densité de drainage a été élaborée à partir de la carte de longueur totale du réseau hydrographique et de surface du bassin versant. L'extraction du réseau hydrographique et du bassin versant pour l'élaboration respectivement du calcul des longueurs de cours d'eau et de la surface du bassin versant est réalisée à partir du module Hydrologie de l'extension Spatial Analyst d'ArcGIS.

1.2.2.2 Cartographie des facteurs de vulnérabilité

➤ Carte d'occupation du sol

L'image Sentinel a subi une correction radiométrique et géométrique. Ces corrections ont été faites à partir de l'outil « Radiometric Calibration ». L'image ainsi corrigée, est rehaussée dans le but d'améliorer le contraste et d'augmenter la perception visuelle de l'image, en améliorant sa qualité et en la rendant plus expressive. Puis, un maximum de parcelles d'entrainements a été identifié sur l'image afin de représenter les différentes unités d'occupation du sol. Une mission de terrain a été effectuée afin de collecter les données sur le terrain afin de reconnaître et de définir les éléments paysagers de la zone d'étude et d'effectuer des relevés de points GPS représentatifs de chaque classe d'occupation du sol. Le maximum de vraisemblance de la méthode de classification supervisée utilisé en se basant sur les informations de la mission de terrain relatives à l'occupation du sol et sur la signature spectrale, chaque pixel de l'image satellitaire Sentinel est défini par classe d'appartenance. Une validation de la classification a été effectuée à partir des points de contrôle pris sur le terrain durant une seconde mission de terrain en fonction de chaque unité d'occupation du sol et l'observation de terrain ont été utilisés pour valider la classification dirigée. Au niveau du post-traitement, les filtres Majority/Minority Analysis de taille 3*3 puis clump 7*7 ont été appliquer sur l'image. La dernière étape du traitement de l'image a été la vectorisation qui a consisté à convertir l'image classifiées du mode raster en mode vecteur (polygones).

➤ Carte de densité de la population

La densité de population de la commune de Cocody a été élaborée à partir des données de population par quartier de l'INS qui ont été subdivisées par la superficie de la zone d'étude.

$$Dp = \frac{P}{A}$$

P : Population par quartier [Hbts]
A : surface de la zone d'étude [km^2].

1.2.2.3 Combinaison des différents facteurs d'alea et de vulnérabilité

➤ Pondération des facteurs

L'on attribue à chaque facteur, une valeur « poids » qui correspond à l'importance du rôle qu'il joue dans la manifestation de l'inondation. A la suite de l'attribution des valeurs, il s'en est suivi le calcul du coefficient de pondération (Cp) de chaque facteur (tableau 1et 2).

Tableau 1: Vecteurs propres (Vp) et coefficients de pondération (Cp) des paramètres d'aléa

Paramètres	Intensité pluviométrique	Pente	Densité de Drainage	Vecteur propre	Coefficient de pondération
Intensité pluviométrique	1	3	5	4.72 ou 3.201	0.63
Pente	0.33	1	3	1.91 ou 1.626	0.26
Densité de Drainage	0.2	0.33	1	0.69 ou 0.759	0.11
Somme	1.53	4.33	9	7.48 ou 5.838	1

Tableau 2 : Matrice de comparaison des différents paramètres

Poids	OCS	Densité de population	Vecteur propre	Coefficient de pondération
OCS	1	7	2.64	0.88
Densité de population	1/7	1	0.38	0.12
Somme	1.14	8	3.931	1

A la suite de l'identification pour chaque type de facteurs la somme des paramètres (Σ), le vecteur prioritaire (C), la priorité globale (D), la matrice originale (A), la priorité rationnelle (E), la moyenne des priorités rationnelles (λ_{max}), l'indice de cohérence (Ic) et le ratio de cohérence (RC), la fonction du risque d'inondation a été obtenue en croisant la carte d'alea à celle de la vulnérabilité selon leurs formules respectives suivantes :

Risque d'inondation = Aléa x vulnérabilité = $(0.63 \times \text{Intensité pluviométrique}) + (0.11 \times \text{Densité de Drainage}) + (0.26 \times \text{Pente}) \times (0.12 \times \text{Densité du bâti} + 0.88 \times \text{Densité de population})$. L'élaboration de la carte à risque d'inondation a été effectuée à partir de l'algorithme « raster calculate » du logiciel ArcGis.

2 Résultats de l'étude

2.1 Les types d'inondations et leurs manifestations

Dans la commune de Cocody, les inondations se manifestent sous trois (3) formes : l'inondation par concentration des eaux dans les dépressions fermées (cuvettes), l'inondation par concentration des eaux dans les fonds de vallées et l'inondation par stagnation des eaux de surface.

2.1.1 Inondation par concentration des eaux dans les dépressions fermées (cuvettes)

De sa situation géographique la commune de Cocody renferme plusieurs de cuvettes dans les zones urbaines et chaque dépression fermée se comporte comme un petit bassin-versant. Dans ce type d'élément de relief, en saison de pluie, l'eau de ruissellement des versants et des ouvrages d'assainissement y converge /et stagne au fond. Ainsi les maisons et/ou les infrastructures situées au fond de cette dépression fermée se retrouvent inondées. Celles localisées sur les versants ou à proximité de la cuvette subissent également l'inondation par débordement. Durant les saisons pluvieuses, l'eau atteint des hauteurs. Ce constat se fait aussi à Angré, où durant la saison de pluie en juin 2024, l'eau inonde les maisons et les ruelles situées dans la dépression (photo 1).

Photo 1 : Sauvetage des habitants piégés dans leurs maisons lors des inondations à Angré



Source /Prise de vue

2.1.2 Inondation par concentration des eaux dans les fonds de vallées

Les vallées sont des drains naturels où le système du réseau de drainage des eaux pluviales est connecté. En saisons pluvieuses, ces vallées sont des zones potentielles d'inondations. Alors, les inondations qui s'y manifestent sont brutales et violentes. La vitesse d'écoulement de celles-ci peut être faible toutefois, lorsqu'elle est élevée, elles emportent tout sur leur passage. Dans ces conditions, les maisons situées dans les fonds de vallées et/ou sur les versants sont inondées ou entraînées par l'eau de ruissellement.

2.1.3 Inondation par stagnation des eaux de surface

Durant les pluies diluviennes, les eaux de ruissellement s'infiltrent difficilement dans le sol. Ces eaux sont drainées par les ouvrages mis en place. De par leur importance en volume, et du fait de la capacité substantielle insuffisante des ouvrages, on assiste à un refoulement de ces eaux. Ainsi, ces eaux vont stagner dans les zones à faible pente. Ce phénomène est fréquent à 9 kilos, où lorsqu'il pleut, l'eau stagne durant des heures et inonde la voie (planche photo 1).

Planche photo 1 : Vue de quelques cas d'inondation par stagnation des eaux



Photo A: cas au quartier 9 kilos



Photo B : cas au quartier Angré Château

La planche photo 1 illustre les inondations qui se manifestent dans certains quartiers de la commune de Cocody, où il n'existe pas de caniveaux. Aussi, durant les saisons pluvieuses, les eaux de ruissellement des quartiers en amont se déversent dans ce quartier et une grande partie des maisons sont inondées avec plein de sachets plastiques, d'eaux usées et de divers déchets.

2.2 Les causes et conséquences des inondations

L'inondation est le risque qui affecte énormément de populations. La commune de Cocody n'est malheureusement pas épargnée par les inondations lors des saisons pluvieuses. Ces inondations sont provoquées par des facteurs naturels mais aussi, humains et technique. Lors de ces manifestations, elles provoquent d'énormes dégâts matériels et environnementaux ainsi que des pertes en vies humaines.

2.2.1 Les causes des inondations

Cette décennie a été marquée par des inondations récurrentes dans la commune de Cocody, causées par des pluies diluviennes, une urbanisation incontrôlée et un système de drainage insuffisant et défaillant.

2.2.1.1 Cause humaine et technique

La commune de Cocody connaît une urbanisation rapide et souvent anarchique. A cet effet, l'occupation des zones à risques par la population est une source d'aggravation des inondations. Il est de constaté que, une tranche de la population de cette commune vive dans ces zones à risque. C'est le cas de la riviera palmeraie, avec ces zones résidentielles qui se retrouve inondé lors des saisons pluvieuses. Aussi, cette expansion urbaine accélérée s'est souvent opérée en violation des réglementations d'urbanisme en vigueur par la construction de logements dans les bas-fonds et zones de ruissellement qui compromet la capacité naturelle du terrain à absorber les eaux pluviales. Cette croissance démographique et spatiale s'accompagne également d'une augmentation des surfaces imperméables, ce qui intensifie les écoulements pluviaux et provoque les inondations. En effet, durant la saison pluvieuse, le sol couvert de végétation a une grande capacité d'absorption de l'eau de ruissellement. Car, la végétation augmente l'absorption de l'eau de ruissellement par le sol en ralentissant l'écoulement, en augmentant l'infiltration grâce aux racines qui aèrent le sol. Comme les autres communes, Cocody est doté de réseaux de canalisations d'eaux pluviales mais ceux-ci s'avèrent en nombres insuffisants. En effet, dans certains quartiers à risques, en dehors de canalisation qui longent les rues, il n'existe pas de caniveaux à l'intérieur du quartier. Par contre, dans d'autres quartiers comme la rue ministre, il en existe en nombre suffisant mais ceux-ci s'avèrent sous-dimensionnés et donc inadaptés aux réalités actuelles, car, ils sont souvent conçus pour des volumes d'eau bien inférieurs à ceux générés aujourd'hui. De plus, ces ouvrages ont souvent des pentes d'inclinaison faible voire quasiment nulle. Cette situation favorise la sédimentation des particules sableuses et des déchets solides, et provoque l'écoulement difficile des eaux de pluie. Par ailleurs, ces ouvrages sont obstrués par les ordures, surtout ceux situés aux abords des marchés et le long des rues entraînant ainsi leur disfonctionnement. Aussi, les réseaux de drainage existant sont souvent obstrués par des déchets ménagers réduisant considérablement le débit d'écoulement des eaux. Selon le rapport de la mairie de Cocody publié en 2022 environ 200 caniveaux sont obstrués par des déchets plastiques. En sus, le non-respect des consignes lors des sensibilisations avant l'avènement de la saison pluvieuse contribuent à la dégradation du réseau d'évacuation des eaux pluviales. C'est dans ce contexte qu'est mentionné dans le rapport d'évaluation du PUD en 2023 que seulement 40% du réseau de drainage de Cocody est totalement fonctionnel malgré les campagnes de sensibilisation et le curage des caniveaux.

2.2.1.2 Cause naturelle

La topographie de la commune de Cocody est l'un des éléments déterminants des causes naturelles des inondations car, elle est située sur un plateau accidenté, entaillé par de nombreuses vallées et des cuvettes qui débouchent vers la lagune Ebrié. A cet effet, ces éléments de relief sont des zones propices aux inondations. En saison des pluies, les eaux stagnent dans les cuvettes et coulent dans les vallées. Ce sont ces vallées et leurs ramifications qui servent de drains naturels à l'évacuation des eaux de pluie qui tombent sur la commune (A. Kangah et al., 2015). Cependant, leur urbanisation incontrôlée en fait désormais des zones particulièrement vulnérables. Par ailleurs, le régime pluviométrique d'Abidjan joue un rôle prépondérant dans la manifestation des inondations. La ville d'Abidjan, dans son ensemble, est soumise à une forte pluviométrie avec plus de 2000 mm de pluie par an. Cette réalité est encore aggravée par les effets du changement climatique. En outre, l'artificialisation des sols accentue ces phénomènes naturels. Les zones humides, marécages et couloirs végétalisés, qui jouaient traditionnellement un rôle d'absorption et de régulation hydraulique, sont progressivement remplacés par des constructions en béton et des infrastructures routières imperméabilisantes. Selon Office International de l'Eau (2022), cette perte des espaces tampons naturels conduit à une réduction des capacités de rétention d'eau dans les milieux urbains, rendant les zones urbanisées beaucoup plus sensibles aux crues. En somme, les causes naturelles des inondations à Cocody ne peuvent être analysées indépendamment des transformations anthropiques qui viennent en amplifier les effets. Le relief, le climat et la pédologie convergent pour accroître l'exposition aux inondations dans cette commune.

2.2.2 Les conséquences des inondations

Malgré les méthodes de préventions mises en place par les autorités gouvernementales, la commune de Cocody est impactée par les inondations causées par les pluies torrentielles. Ces inondations créent de nombreux dégâts tant sur le plan matériel qu'environnemental ainsi que des pertes en vie humaine.

2.2.2.1 Les dégâts matériels

L'une des conséquences des inondations est la mise en danger des véhicules. En effet, les voitures stationnées ou en circulation sont prises au piège par les eaux. Elles sont emportées ou détruites, affectant ainsi les biens personnels. Ces pertes matérielles représentent un coût important pour les familles, qui doivent faire face à des réparations couteuses ou au remplacement complet de leur véhicule. Les magasins situés en bordure de route ou dans des zones basses sont souvent impactés par les inondations car, ceux-ci ont vu leurs stocks de marchandises détruits par les eaux. À la Riviera palmeraie, plusieurs boutiques ont été envahies, causant des pertes économiques importantes pour les commerçants locaux. L'on peut déplorer également des dégâts considérables sur les meubles et les appareils électroménagers affectant directement le confort et le quotidien des habitants (photo 4 et 5). En effet, lorsque l'eau s'infiltre dans les habitations, elle détériore les meubles (canapés, matelas, armoires, tables etc.) sous l'effet de l'humidité. Ces meubles sont souvent irrécupérables surtout quand l'eau est souillée par des déchets ou des produits chimiques. Ces pertes matérielles représentent un coût élevé pour les familles, qui doivent remplacer ces biens essentiels sans toujours bénéficier d'une couverture d'assurance adaptée. Les dégâts matériels importants touchant également les appareils électroménagers (réfrigérateurs, machines à laver, télévisions etc.) (photo 6). Ils peuvent être endommagés par l'eau, notamment en cas de court-circuit ou de surtension provoquée par l'humidité. Cependant, ces dégâts matériels sont difficilement estimables, car ces biens ne sont pas listés ou assurés. Ces dégâts sur appareils électroménagers aussi entraînent des risques pour la sécurité, comme des incendies électriques ou des électrocutions.

Planche photo 2 : Vue de quelques dégâts causés par les inondations



A : Inondation d'une cour à Angré suite à une pluie diluvienne



B : Inondation du centre de santé communautaire de la palmeraie.

Les inondations poussent certaines personnes à quitter leurs logements pour trouver refuge chez des parents ou des amis vivants dans des zones plus sûres (photo 2). Il y a des risques de perturbation en pleine année scolaire pour des écoliers et collégiens dont les parents vont s'installer dans une autre commune. Certains habitants abandonnent leurs terrains ainsi que leurs maisons à cause de la présence récurrente de masse d'eau. D'autres par contre, n'ayant pas les moyens financiers pour se reloger, restent dans ces habitations au péril de leur vie.

Photo 2 : Vue d'une maison abandonnée suite à la montée des eaux pluviales à la Riviera 3



2.2.2.2 Les conséquences sur l'environnement

Les inondations dégradent les sols car, les eaux de ruissèlement, souvent chargées de déchets et de polluants, érodent le sol en détruisant la couverture végétale et favorisant ainsi d'autres risques naturels comme le glissement de terrain, l'érosion et l'effondrement. À cet effet, cette érosion compromet la stabilité des constructions et réduit la capacité naturelle du sol à absorber l'eau. Les eaux polluées entraînées par l'inondation affectent la nappe phréatique, en compromettant la qualité de l'eau potable et posant des risques sanitaires pour la population. Ces inondations empêchent également certains habitants d'exercer leurs activités économiques et d'autres de se rendre à leurs services respectifs. En effet, elles occasionnent un dysfonctionnement temporaire du système éducatif à cause des difficultés de mobilité relatives à l'impraticabilité des voies ou des établissements inondés.

2.2.2.3 Les conséquences sur la vie humaine

Les inondations causent d'énormes pertes en vies humaines, des personnes sont portées disparues, d'autres blessées. Elles occasionnent des déplacements forcés de populations. En effet durant ces dix dernières années de nombreuses pertes en vies humaines ont été enregistrées. La nuit du 18 au 19 juin 2018, l'on dénombre six victimes emportées par des torrents d'eau et de boue à Cocody Riviera. Selon les témoignages, le niveau de l'eau est monté jusqu'à 2 mètres cinquante par endroits (TV5 MONDE INFO, 2018). Le décès de trois enfants par noyade dans la nuit du 30 au 31 octobre 2019, après l'inondation de plusieurs baraqués au quartier "Colombie" (Cocody II-Plateaux). Ces habitations sont situées à proximité d'un caniveau prévu normalement pour évacuer les eaux usées. Bouché par les ordures ménagères, cet ouvrage d'assainissement n'a donc pas pu contenir les eaux de pluies qui ont inondé les habitations de fortune. Ce sont au total sept maisons qui ont été complètement inondées et deux familles endeuillées (portail officiel du gouvernement de la Côte d'Ivoire www.gouv.ci, 2019). Durant l'année 2018, la cité Allabra Réconciliation, Riviera Palmeraie rue Ministre, Riviera Bonoumin, Attécoubé etc. de la commune de Cocody ont enregistré environ 32 morts, 457 familles déplacées, environ 5000 personnes affectées, 1728 familles prises en charge (dons de nourritures, d'eau, de produits d'hygiène, de couvertures, etc.) selon le Gouvernement de Côte d'Ivoire (2018). Selon ONPC, Rapport annuel, 2014 et 2018, les inondations ont fait respectivement en 2014, 3 morts et 200 maisons touchées au moins 5 morts et plusieurs blessés à Angré et à la Riviera Palmeraie en Juin 2018. De même, dans son rapport annuel de 2020, ONPC a stipulé qu'en juillet 2020 à Angré, l'inondation a impacté 300 familles et 4 personnes ont perdu la vie. Par ailleurs, lors des inondations, les populations doivent faire face à des nuisances induites par les eaux stagnantes (planche photo 3). En effet, durant la saison des pluies, les eaux stagnantes abritent de nombreux nids d'insectes et de moustiques. Leur prolifération favorise la propagation de maladies telles que le paludisme et la dengue.

Planche photo 3 : Vue de quelques conséquences sur la vie des populations



A : Stagnation d'eau pluviale à Angré Château



B : Stagnation des eaux pluviales à la Cité Alabra

Selon une étude publiée par Kouakou Fidèle Konan et al., 2025, 183 cas confirmés de dengue ont été détectés dans le district sanitaire Cocody-Bingerville entre 2021 et 2023, avec un taux de positivité de 11%. Cependant dans la commune de Cocody les quartiers les plus touchés sont Riviera (11%), Angré (10%), Abatta (5%), Palmeraie (5%), Cocody centre (11%). Suite à de la flambée des cas de dengue dans cette zone, notamment à Cocody centre, Riviera, Angré, Abatta et Palmeraie, les autorités sanitaires ont mis en place des mesures de lutte anti-vectorielle, comme des campagnes de démoustication, pour contrôler la propagation de la maladie, la sensibilisation de la population sur les eaux stagnantes après les pluies diluviennes etc.

2.2.3 Analyses des cartes des facteurs d'aléa et de vulnérabilité

2.2.3.1 Analyses des cartes des facteurs d'aléa

✓ Carte des pentes

La carte des pentes présente quatre classes d'inclinaison qui se situent entre 0 et 48.61% (figure 2). Les inclinaisons de pentes faibles (0 à 8.76) participent fortement à l'accumulation des eaux. Elles occupent sur 39.24% de la surface communale et se rencontrent soit, sur les sommets des interfluves, soit dans les basfonds. Quant aux pentes moyennes, elles occupent 36.57 % de l'espace urbain et favorisent le ruissellement des eaux pluviales. En revanche les pentes éléve et très éléve occupent respectivement une surface de 18.45% et 5.74 aussi elles se situent sur les versants des vallées.

✓ Intensité pluviométrique

La carte de l'intensité pluviométrique présente quatre classes. Les intensité très élevée et élevée occupent respectivement 14.19% et 27.77%. Les intensités moyennes quant à elles occupent 39.89% de la surface communale. En revanche les intensités faibles occupent 18.14%

✓ Densité de drainage

La carte présente quatre niveaux de densité de drainage (figure 3). Les espaces de faible densité de drainage correspondent à des surfaces de ruissellement situées généralement sur les interfluves. Elles concernent 38.20 % de l'espace urbain. Les zones de densité moyenne occupent 36.61% de la surface communale. Quant aux zones à densité élevées et très élevée sont situées dans les vallées et surtout dans les zones de confluence des vallées. La densité du drainage dans ces zones peut être sujette à des inondations. Elles représentent respectivement 18.17 %et 7.02 % de l'espace urbain.

Figure 3 : Carte de pente

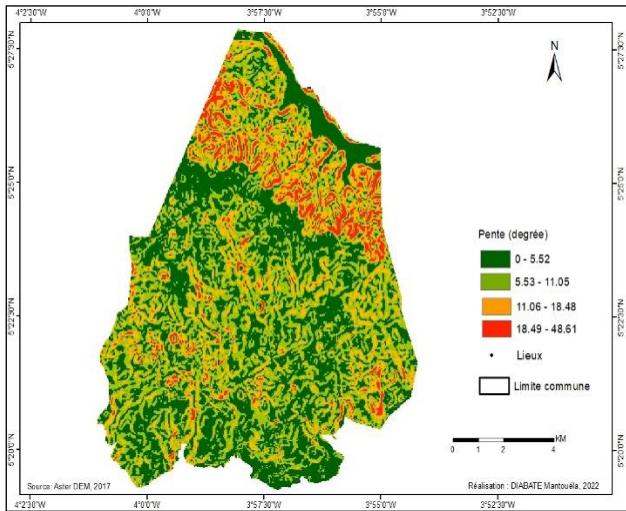
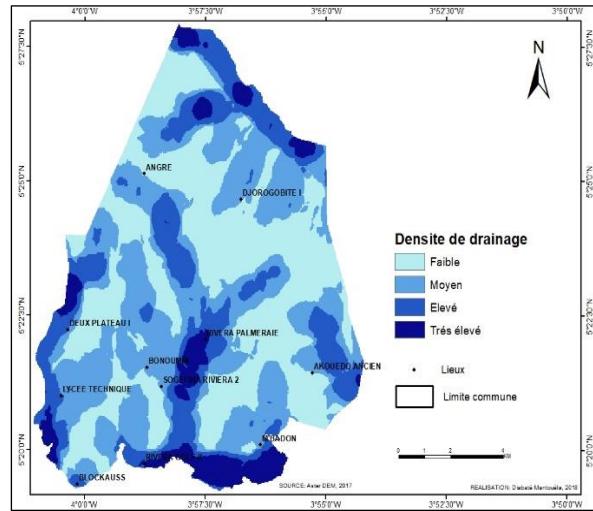


Figure 2 : Carte de la densité de drainage

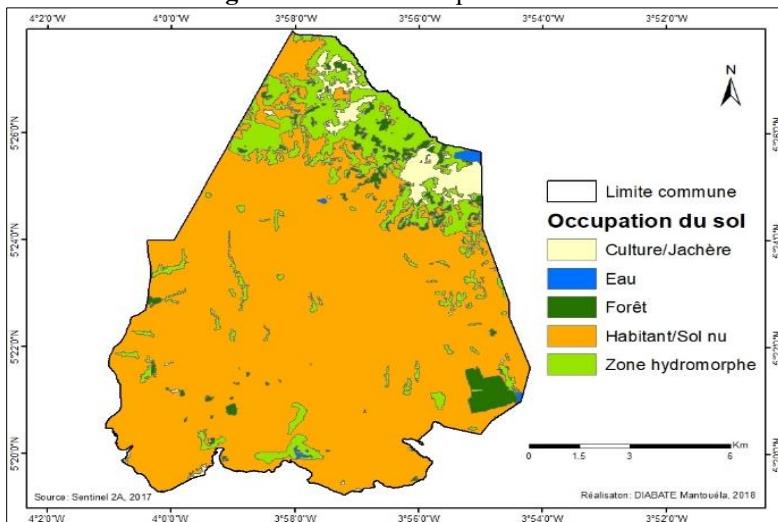


2.2.3.2 Analyses des cartes des facteurs de vulnérabilité

✓ Occupation du sol

L'analyse de la carte d'occupation du sol (figure 4) montre qu'en 2017, la mosaïque habitat/sol nu occupait la plus grande partie (80.01% soit 104.57 km²) de la surface de la zone d'étude. Les fonds de vallées qui représentent les zones hydromorphes ont une superficie totale de 17.24 km² qui équivaut à 13.19%. Elles sont concentrées en majorité au Nord de la zone d'étude. Tout comme les zones hydromorphes, la mosaïque culture/jachère est aussi concentrée au Nord de la zone d'étude. Cette mosaïque culture/jachère occupe 3.97 km² soit 3.44% de la surface communale. La forêt de la commune de Cocody dispose de 3.96 km² soit 3.04 %. Ce sont quelques regroupements d'arbres localisés en majorité au Nord et au Sud. Quant aux plans d'eau, ils ont la plus petite surface 0.41 km² soit 0.32% et sont situés au Nord et au Sud.

Figure 4 : Carte d'occupation du sol

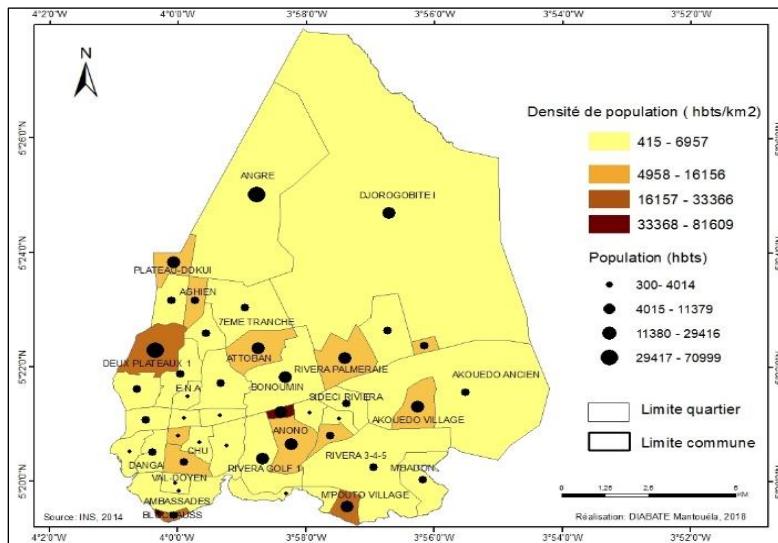


✓ Densité de population

Elle met en évidence quatre niveaux de densité de la population (figure 5). Les zones à faible densité de population couvrent plus de la moitié 57.65 % de l'espace urbain. Les espaces à densité moyenne concernent (13.08%) de la

surface communale. Les espaces à densité de population élevés et très élevés s'étendent sur respectivement 24.48 % et 4.78% de la zone d'étude. Une inondation de ces espaces causerait d'énormes dégâts humains.

Figure 5 : Carte de densité de population



2.2.3.3 Carte d'aléa et de vulnérabilité

✓ Carte d'aléa à l'inondation

La classe faible occupe 15.69% de la zone d'étude. Cette classe est caractérisée par une forte densité de drainage, une faible pluviométrie et dominée par une pente très faible.

Quant à la classe moyenne ; elle est dominante avec 36.23 %. Elle est caractérisée par de forte et très forte pente et une pluviométrie moyenne. La classe à sensibilité élevée occupe une proportion de 29.51%. Cette zone est marquée par une pente très faible, une forte densité de drainage des eaux et une forte pluviométrie. La classe à sensibilité très élevée est caractérisée par une très forte isohyète, une forte densité de drainage des eaux et une faible pente. Cette plage occupe 18.57 % de la zone d'étude.

✓ Carte de vulnérabilité à l'inondation

La classe faible occupe plus de la moitié de la surface communale 80.18% soit 104.79 Km². Quant à la classe moyenne est dominante avec 13.23% avec une superficie de 17.30 km².

La classe à vulnérabilité élevée occupe une proportion de 4.14% dans la zone d'étude. Cette classe est représentée dans les quartiers de Riviera palmeraie, Plateau Dokui, Aghien etc. La classe à vulnérabilité très élevée se trouve en grande partie dans les quartiers de Blockauss et Deux-Plateaux et Anono (Cf. figures 6 et 7). Elle occupe 3.43% et occupe 4.48 Km² de la zone d'étude.

Figure 7 : Carte d'aléa

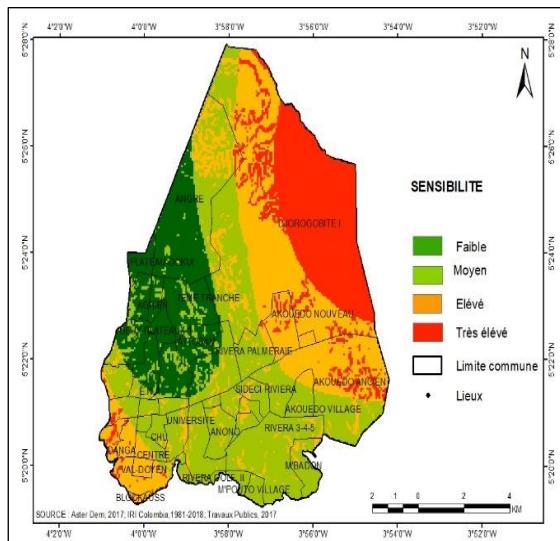
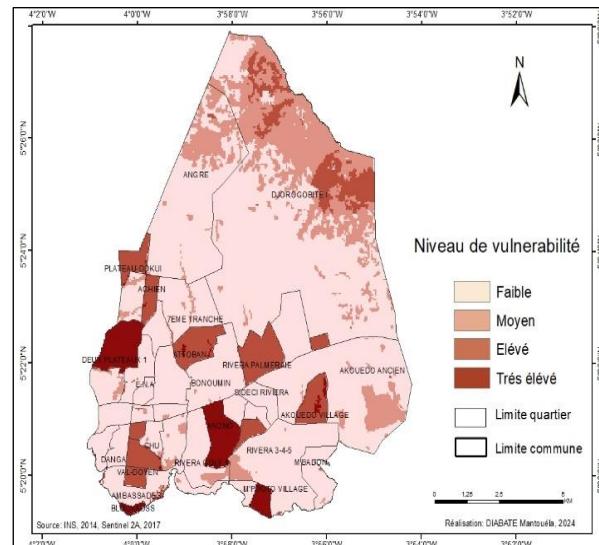


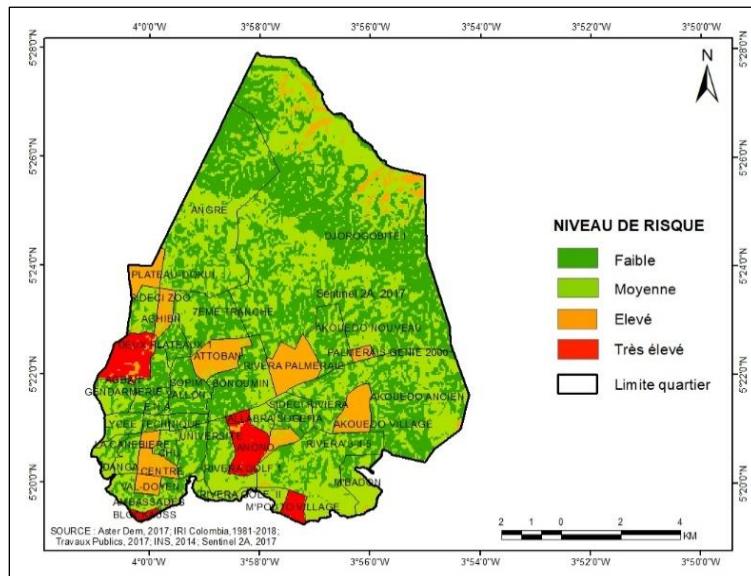
Figure 6 : Carte de vulnérabilité



✓ Carte du risque d'inondation

La figure 8 représente la carte du risque d'inondation de la commune de Cocody. Elle est le résultat de la combinaison dans le SIG, des cartes d'aléa inondation (Figure 6) et de la carte de vulnérabilité aux inondations (Figure 7). Quatre classes ont été obtenues à la suite de cette combinaison : risque faible, risque moyen, risque élevé et très élevé. Les zones à risque d'inondation "faible" et "moyen" couvrent respectivement 43.76% et 42.06% de la commune de Cocody. Elles sont inégalement réparties et caractérisées par des pentes fortes, des zones de densité de bâti faible, une densité de drainage élevé et ainsi qu'une faible densité de population. Les quartiers à "risque élevé" et "très élevé" couvrent respectivement 10.47% et 3.71% avec 13.63 km^2 et 4.82 km^2 de la commune. Ces deux types de quartiers sont caractérisés par une densité de population et de bâti très élevées ; des pentes faibles et très faibles ; une densité de drainage moyen et faible.

Figure 8 : Carte de risque d'inondation



3 Discussion

L'identification des zones à risque d'inondation est une étape très importante dans le phénomène de gestion du risque d'inondation. Au cours de cette étude, les causes et les conséquences des inondations ont été déterminées puis plusieurs facteurs d'aléa (pentes, densité de drainage, intensité pluviométrique) et de vulnérabilité (occupation du sol et densité de population) ont été identifiés dans les communes de Cocody. Le couplage de l'Analyse Multicritère de Saaty avec le SIG a permis d'identifier les zones à risque d'inondation. Les résultats de ce travail démontrent les affirmations de plusieurs auteurs entre autres A. D. Alla (2013) et selon lesquelles, « il n'y a pas d'inondation sans enjeux ». En effet, la carte d'aléa révèle que les inondations sont liées d'une manière générale à la configuration du relief, notamment les zones d'accumulation des eaux d'écoulement qui sont les cuvettes et les vallées. La campagne de terrain a révélé qu'il y a inondation à Cocody lorsque les populations colonisent ces zones de dépression, construisent ou obstruent les réseaux de canalisation. L'identification des zones à risque à partir de l'Analyse Multicritère de Saaty a abouti à la réalisation de la carte du risque d'inondation de Cocody. Aussi, Cocody est-elle une commune dont les zones à risques d'inondation élevées sont caractérisées par des pentes faibles, un drainage faible, une forte intensité pluviométrique, une importante accumulation d'eau, une densité de population élevée et une activité anthropique importante observée sur la zone d'étude comme le stipule Saley et al. (2005). En effet cet auteur, effectuant des études sur l'inondation dans différentes régions ont montré qu'une zone à risque d'inondation se traduit par une évolution progressive et non contrôlée de l'occupation du sol, une pente très faible ou nulle, une faible évacuation des eaux, une importante pluviométrie et accumulation des eaux. L'approche méthodologique adoptée, combinant l'analyse multicritère de Saaty et les outils SIG, a déjà été utilisée dans plusieurs études antérieures, notamment par A. Kangah et A.K. Coulibaly (2024) pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans la ville d'Agboville. C'est aussi le cas de D.K. Kouassi (2019) et Eba et al. (2021) qui ont utilisé cette approche respectivement pour l'évaluation et la prévention du risque dans la commune d'Abobo et pour l'évaluation de la vulnérabilité à l'inondation dans la commune de Bingerville. L'adoption de cette approche par ces auteurs témoigne de sa pertinence et de son adaptabilité à des contextes similaires. En effet, la combinaison de l'analyse multicritère de Saaty et des outils géomatiques permet non seulement d'obtenir des résultats fiables, mais aussi de mieux appréhender la dynamique spatio-temporelle du risque d'inondation. Néanmoins, l'application de l'analyse multicritère présente plusieurs difficultés au niveau de la hiérarchisation et de la pondération des facteurs. En effet, étant donné que les facteurs contribuent différemment dans la manifestation de l'inondation, l'attribution des poids pose quelques difficultés. À ce sujet, Kouadio et al. (2023) mettent en évidence une faiblesse de la méthode, liée à la subjectivité inhérente au processus de pondération des critères, ce qui peut influencer la fiabilité des résultats. Cette étape très subjective de la pondération peut conduire parfois à surestimer ou sous-estimer un facteur par rapport à un autre si l'on n'a pas une bonne connaissance des facteurs ou du phénomène étudié. Elle reste subordonnée à la sensibilité de l'expert et à sa connaissance du phénomène. Cette subjectivité constitue comme le font savoir Eba et al., (2021) un facteur limitant dans l'application de l'analyse multicritère.

Conclusion

Cette étude identifie les zones à risque d'inondation à partir de l'analyse multicritère de Saaty et analyse les types d'inondation dans la commune de Cocody. Elle présente cette commune résidentielle comme une zone vulnérable du fait de son relief de plateaux avec ces vallées et vallons et la forte pluviométrie qui l'arrose. Elle met également en relief les causes naturels et humains ainsi que les dégâts matériels et environnementaux et les pertes en vie humaines.

Références bibliographiques

- [1] **ALLA Della André**, 2013, Les risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat d'Etat ès - sciences humaines, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, 385 pages.
- [2] **Armand KANGAH et André Della ALLA**, 2025, Détermination des zones à risque d'inondation à partir du modèle numérique de terrain (MNT) et du système d'information géographique (SIG) : Cas du bassin-versant de Bonoumin-Palmeraie (commune de Cocody, Côte d'Ivoire), revue Geo-Eco-Trop, 12p.
- [3] **BENZZOUZ Mohamed Tahar**, 2012, les caractéristiques des inondations et leurs conséquences sur l'aménagement du territoire à partir de cas algériens, le risque inondation cours international CRSTRA Biskra 16, 44 p
- [4] **GOBGE Téré, KOUASSI N'Guessan Gilbert, TRAORE Kinakpefan Michel et KOUADIO N'Dri Ernest**, 2016, Cartographie des espaces vulnérables aux risques d'inondation dans la ville de San-Pedro, Article, Regardsuds; Premier numéro, ISSN-2414-4150, 21 p.
- [5] **Gouvernement de Côte d'Ivoire**, 2018, Évaluation des pertes, dommages et besoins suite aux inondations de juin 2018 à Abidjan, 60 p.
- [6] **KANGAH Armand et Kolotioloma Alama COULIBALY**, 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), Vol. 20, No. 23, pp. 87–102.
- [7] **Kouakou Fidèle KONAN, Adinon Philomène KACOU et Raphaël Yao AMANI**, 2025, Profil épidémiologique de la dengue dans le district sanitaire de Cocody-Bingerville, Côte d'Ivoire, 2021–2023, publié dans le Journal of Epidemiology and Population Health , 12p.
- [8] **KOUASSI Kan Désiré**, 2019, Réduction du risque d'inondation dans la commune d'Abobo (Abidjan), Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 161 p.
- [9] **Moïse Koffi KOUAME, Boyosso Hélène KOUADIO, Josélito Carlos YAO, Jean BIEMI**, 2023, Cartographie du risque d'inondation à Cocoddy et Abobo-Abidjan (Côte d'Ivoire), Editions Francophones Universitaires d'Afrique, 18p.
- [10] **Nadia LEHOUX et Pascale VALLEE**, 2004, Analyse multicritère : Quel modèle choisir ? École Polytechnique de Montréal, 38p.
- [11] **Office International de l'Eau**, 2022, Les mesures naturelles de rétention d'eau, Office international de l'eau (OIEau), 12p.
- [12] **Office National de la Protection Civile (ONPC)**, 2018, Rapport annuel, 50p.
- [13] **Office National de la Protection Civile (ONPC)**, 2014, Rapport annuel, 40p.
- [14] **SALEY Mahaman Bachir, KOUAME Koffi Fernand, PENVEN Marie Josée, BIEMI Jean et KOUADIO Boyosso Hélène**, 2005, Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'Ouest de la Côte d'Ivoire : Apports des MNA et de l'imagerie satellitaire. Télédétection, Vol.5, n°1-2-3, pp 53-67.
- [15] **TV5MONDE**, 2018, Côte d'Ivoire : au moins 15 morts dans des inondations, 19 juin.