



Journal Homepage: -www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/22454
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/22454>



RESEARCH ARTICLE

CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUE D'INONDATION ET ANALYSE DE LA VULNERABILITE DANS LA COMMUNE D'ABOBO, COTE D'IVOIRE

Ibrahima Daou¹, Abdramane Dembele², Ange Ferdinand Kobenan², Adama Toure² and Oumou Diancoumba³

1. Institut Polytechnique Rural de Formation et Recherche Appliquee (IPR/IFRA de Katibougou), Mali.
2. Ecole Nationale d'Ingenieurs Abderhamane Baba TOURE de Bamako (ENI-ABT), Mali.
3. Ecole Normale Supérieure de Bamako (ENSUP), Mali.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 14 October 2025
Final Accepted: 16 November 2025
Published: December 2025

Key words:-

Flood, cartography, satellite image, rainfall, land use

Abstract

The commune of Abobo, located in the north of the Abidjan district in Côte d'Ivoire, has been frequently threatened by recurrent floods in recent decades. Numerous studies have identified various crucial factors in the flood risk of the commune, including slope, rainfall intensity, drainage network density, land use and occupation, as well as population density, etc. The overall objective of this study is to establish a flood risk map for the commune of Abobo to facilitate the effective prevention and management of severe floods. To achieve this, the techniques and data employed include remote sensing, Geographic Information Systems (GIS), Saaty Multi-Criteria Analysis, in particular, Landsat OLI image processing, Digital Elevation Models (DEM), as well as rainfall and demographic data. Cartographic analyses carried out using Arc GIS Pro and ENVI 5.3 software were used to produce the various maps used in the study, including flood risk and vulnerability maps. The hazard and vulnerability maps produced were integrated into the GIS to map flood risk areas in the municipality of Abobo. This resulted in five main flood risk classes or categories, ranging from very low to very high risk. This risk map is a valuable decision-making tool for flood risk prevention and management in the municipality of Abobo.

"© 2025 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Introduction:-

Les villes à travers le monde connaissent une expansion rapide et une métamorphose urbaine sans précédent, ce qui les confronte à des défis majeurs liés aux inondations, souvent exacerbés par une croissance démographique rapide et une urbanisation non planifiée. Dans ce contexte, la cartographie des zones à risque d'inondations s'impose comme un outil essentiel pour la gestion et la prévention des catastrophes. Elle permet une meilleure compréhension des dynamiques d'inondation, l'identification des zones vulnérables et le développement de stratégies efficaces d'aménagement du territoire et de gestion des risques. Cette étude vise à minimiser l'impact des inondations et à protéger la population et les infrastructures locales. De nombreuses études à travers le monde ont montré la

Corresponding Author:-Ibrahima Daou

Address:-Institut Polytechnique Rural de Formation et Recherche Appliquée (IPR/IFRA de Katibougou), Mali.

recurrence des inondations, notamment en Afrique de l'Ouest. Parmi ces auteurs, on peut citer Koungbanane et al., 2019, au Togo, Boyosso et al., 2023 à Man; (Kangah et Della, 2015); N'guessan et al., 2014 en Côte d'Ivoire,

La commune d'Abobo, située dans le district d'Abidjan en Côte d'Ivoire, est particulièrement touchée par des inondations recurrentes. Ces événements sont principalement attribuables à des facteurs physiques tels que les fortes pluies et la densité du drainage, ainsi qu'à des facteurs anthropiques comme l'urbanisation non planifiée et la mauvaise gestion des déchets. Les conséquences de ces inondations sont multiples et graves, incluant des pertes en vies humaines, des dégâts matériels, des pertes économiques significatives et la propagation de maladies. La présente étude a pour but de contribuer à l'amélioration de la résilience des populations face aux inondations. Elle vise à mettre en œuvre des méthodes de cartographie des zones à risque d'inondation pour soutenir les décideurs dans l'intégration de la prévention des risques dans les politiques et stratégies d'aménagement urbain. L'objectif général est de participer à l'établissement d'un processus de prévention et de gestion efficace des inondations pour un développement urbain durable. Les objectifs spécifiques incluent la réalisation de la carte des aleas d'inondation, la carte des vulnérabilités à l'inondation, et la carte des risques d'inondation de la commune. Les hypothèses de travail sont que la télédétection, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et l'analyse multicritère sont des techniques et méthodes permettant l'identification des zones à risque d'inondation, et que la combinaison des aleas et des vulnérabilités permet l'évaluation de ces risques.

Materiel et Methodes:-

Zone d'étude:

Abobo est un ancien village devenu l'une des treize communes du district d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. C'est l'une des communes les plus densément peuplées du district, abritant environ 1 500 000 habitants sur une superficie de 9 000ha (90 km²), soit une densité de 166 habitants par hectare. Située à une altitude d'environ 125 mètres, Abobo représente la zone la plus élevée de l'agglomération d'Abidjan. Son territoire communal est un vaste plateau bordé par des talwegs, couvrant près de 2 460 hectares (soit 23 % de la superficie communale). Les eaux de ruissellement de la commune s'écoulent principalement vers les rivières Djibi et Banco, à partir des deux talwegs principaux de Sagbo Sud et Djibi (figure1). Le climat d'Abobo est caractérisé par une saison pluvieuse (du 9 mars au 9 novembre) qui est chaude et nuageuse, et une saison sèche (du 9 novembre au 9 mars) qui est très chaude et partiellement nuageuse. La température moyenne annuelle varie généralement de 22 °C à 32 °C. La probabilité de précipitations quotidiennes varie énormément, le mois de juin étant le plus pluvieux avec une moyenne de 22,2 jours de précipitations d'au moins 1 millimètre, tandis que janvier est le plus sec avec 1,7 jour. Le niveau d'humidité perçue est élevé et relativement constant tout au long de l'année, se maintenant à 95 % ± 5 %. Géographiquement, Abobo se trouve à 5,416° de latitude et -4,016° de longitude, avec une altitude de 105 mètres. La topographie présente des variations légères d'altitude dans un rayon de 3 kilomètres (maximum 90 mètres, moyenne 107 mètres), et des variations plus importantes dans un rayon de 80 kilomètres (jusqu'à 258 mètres). Les surfaces artificielles couvrent 99 % de la région dans un rayon de 3 kilomètres, tandis qu'à 16 kilomètres, elles représentent 37 % avec 24 % de terres cultivées (figure1).

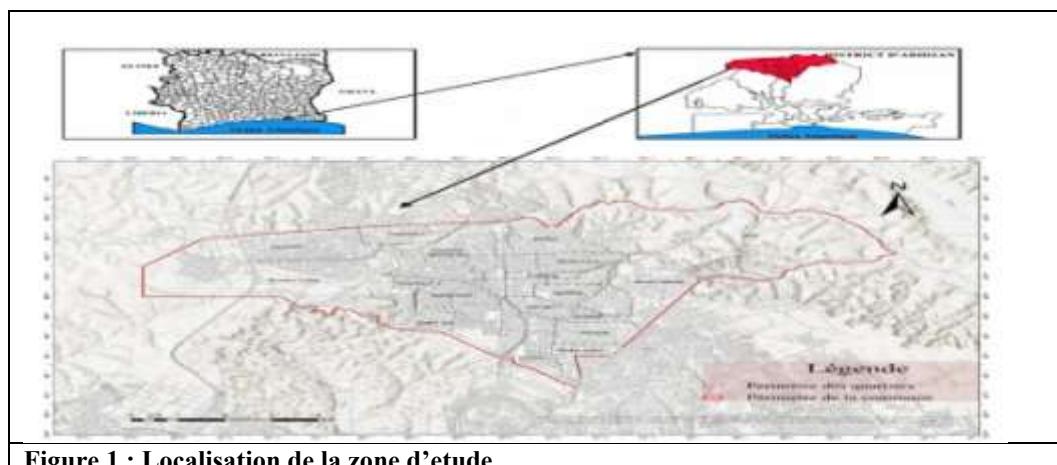


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Materiel de l'etude :

Pour cette etude, les donnees et les outils suivants ont ete utilises :

Donnees:

Images satellites Landsat 9 : Telechargees depuis le site officiel americain USGS (EarthExplorer). Le fichier LC09_L2SP_196056_20220120_20230430_02_T1 a ete capture le 20 janvier 2022 avec le capteur OLI_TIRS. Ces images ont une resolution de 30 metres pour les bandes reflectantes et thermiques, une couverture nuageuse totale de 5,34 % (1,72 % sur les terres), et utilisent la projection UTM avec le datum et l'ellipsoide WGS84, zone 30N. Elles incluent 7 bandes de reflectance de surface et 1 bande thermique.

Modèle Numerique de Terrain (MNT) : Deux fichiers SRTMHGT compresses (NN05W004SRTMGL1.hgt.zip et NN05W005SRTMGL1.hgt.zip) couvrant la zone d'etude, avec une resolution d'une seconde d'arc (30m) et une projection latitude/longitude (EPSG:4326), telechargees depuis les serveurs de la NASA.

Donnees pluviometriques : 48 donnees de precipitations par satellite au format Geotiff multidimensionnel, chaque image correspondant aux precipitations mensuelles moyennes de septembre 2020 à septembre 2024, telechargees depuis le portail de donnees CHRS de l'UCI (chrsdata.eng.uci.edu).

Outils utilises :

ENVI (Environment for Visualizing Images) : Utilise pour le traitement d'images de teledetection satellitaire et aerienne, l'analyse hyperspectrale et les donnees SAR. Il offre des outils d'analyse interactive et une interface complete.

ArcGIS (EnvironmentalSystemsResearch Institute) : Logiciel leader sur le marche des SIG, utilise pour la visualisation, la modification, la gestion et l'analyse de donnees geographiques, ainsi que la cartographie sur diverses plateformes. Il inclut des outils comme ArcMap et ArcCatalog, et ArcGIS Pro pour le traitement 64 bits et la 3D integree.

Microsoft Excel : Un tableur pour le calcul, l'analyse et la visualisation de donnees, avec des feuilles de calcul structurees, des formules et des fonctions, et des capacites de creation de graphiques et de tableaux croises dynamiques.

Ordinateur portable : Un HP (Hewlett-Packard) avec un processeur Intel(R) Core(TM) i5-6300U à 2.40GHz (2.50 GHz), 8.00 Go de RAM installee (7.88 Go utilisables), et un systeme d'exploitation 64 bits sous Windows 11.

Methode:

Le processus methodologique suivi dans cette etude pour la cartographie des zones à risque d'inondation s'articule autour de plusieurs etapes clees, combinant la teledetection, les SIG et l'analyse multicritere.

Carte occupation des sols:

Acquisition des images satellites : Les images Landsat 9 ont ete obtenues via la plateforme EarthExplorer de l'USGS.

Pretraitemet (ENVI) : Cette phase a consiste à modifier le fichier des metadonnees MTL pour assurer la compatibilite (remplacement de "LANDSAT" par "L1" et "LANDSAT_9" par "LANDSAT_8"). Des corrections radiometriques ont ete appliquees pour convertir les valeurs en luminance spectrale, ameliorant la qualite de l'image. Ensuite, une correction atmospherique (FLAASH) a ete realisee pour obtenir des images de reflectance avec des valeurs entre 0 et 1, produisant un effet realiste sur les bandes. Enfin, une calibration de la reflectance a ete effectuee à l'aide d'une formule specifique pour eliminer les valeurs negatives et obtenir une calibration parfaite entre 0 et 1.

Traitements (ENVI Classic et Arc GIS Pro) : Les images corrigees ont ete chargees dans ENVI Classic, où une composition coloree (proche infrarouge, rouge, vert) a ete appliquee. La zone d'etude (commune d'Abobo) a ete extraite. Des zones d'entraînement (ROI) ont ete choisies pour chaque classe (sols nus, habitats, vegetations, eau) afin d'entraîner l'algorithme. Une classification supervisee par la methode du "Maximum de vraisemblance" a ete realisee. L'evaluation de la classification a ete faite via une matrice de confusion et le calcul du coefficient Kappa, qui a atteint 99,5261 %, indiquant une très bonne classification. Une analyse de majorite/minorite a ete appliquee pour lisser et rendre l'image plus esthetique. De nouveaux ROI ont ete crees à partir du resultat de cette analyse. Le rapport des surfaces d'occupation du sol a ete genere. Enfin, le fichier a ete exporte au format ShapeFile, importe dans ArcGIS Pro, et converti en raster pour le rendu final de la carte.

Carte des :pentes:

Les deux fichiers MNT (N05W004 et N05W005) couvrant la zone ont été importés dans ArcGIS. Ils ont été fusionnés en un seul raster. Le MNT de la commune d'Abobo a ensuite été extrait en utilisant le fichier SHP de la zone. La carte des pentes a été générée à partir du MNT extrait, et des couleurs ont été appliquées en fonction du niveau des pentes.

Carte des densites de drainage :

Le fichier MNT a été importé dans ArcGIS. Les étapes de traitement hydrologique suivantes ont été appliquées : "Fill" pour supprimer les dépressions, "Flow Direction" pour déterminer la direction de l'écoulement, "Flow Accumulation" pour calculer l'accumulation du flux, "Conditional" pour appliquer des conditions, et "Stream Order" pour déterminer l'ordre des cours d'eau. Les bassins versants de la commune ont été identifiés. Le résultat du "Stream Order" a été converti du format raster au format vecteur ("Stream to Feature"). Enfin, la densité de drainage a été calculée et la symbolisation ajustée pour visualiser le réseau hydrographique.

Carte d'intensitepluviometrique:

Les fichiers de pluviométries multidimensionnelles au format Geotiff ont été importés. La zone d'intérêt (Abobo) a été extraite. Les pixels du raster ont été convertis en cellules, puis en points. Ces points ont ensuite été reprojétés dans le système de coordonnées UTM 30N. Une interpolation IDW (Inverse Distance Weighting) a été appliquée pour générer la carte d'intensité pluviométrique.

Carte de densite de la population :

Cette carte a été élaborée en se basant sur les résultats de recherches antérieures et d'une étude spécifique sur la commune d'Abobo.

Carte des risques:d'inondation:

La méthode de Hierarchisation Multicritère (MHM) de Saaty a été utilisée pour pondérer l'importance relative des différents facteurs.

Carte des Aleas d'inondation :

Les aleas (menaces naturelles) ont été définis par la pente du terrain, l'intensité pluviométrique et la densité de drainage. La carte a été réalisée en combinant ces facteurs à l'aide de l'outil "WeightedSum" et de la formule : Alea inondation = 0,176 * Dd (densité de drainage) + 0,303 * P (pente) + 0,521 * IP (intensité pluviométrique).

Carte de vulnerabilite aux inondations :

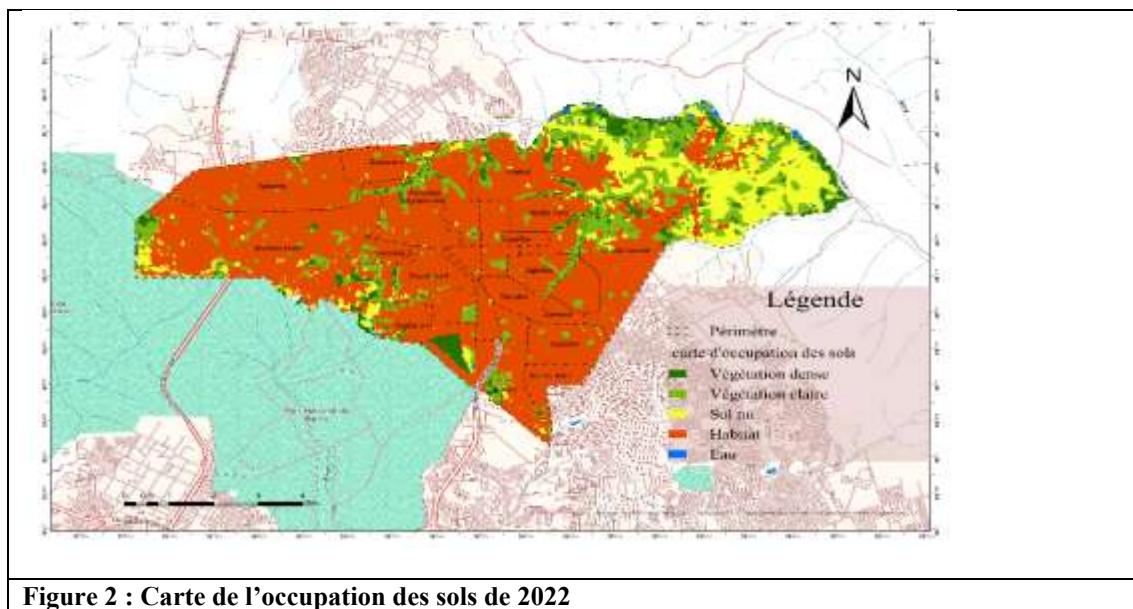
La vulnérabilité (condition qui prédispose aux préjudices) a été définie par des facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux. La carte a été générée par combinaison de l'occupation des sols (Db) et de la densité de la population (Dp) via l'outil "WeightedSum" et la formule : Vulnérabilité = 0,125 * Db + 0,875 * Dp.

Carte des risques d'inondation :

Le risque, défini comme l'interaction entre un alea et la vulnérabilité des éléments exposés, a été calculé en multipliant les cartes d'aleas et de vulnérabilité : Risque = Alea x Vulnérabilité. L'outil "WeightedSum" a été utilisé pour obtenir la carte finale des risques d'inondation dans la commune d'Abobo.

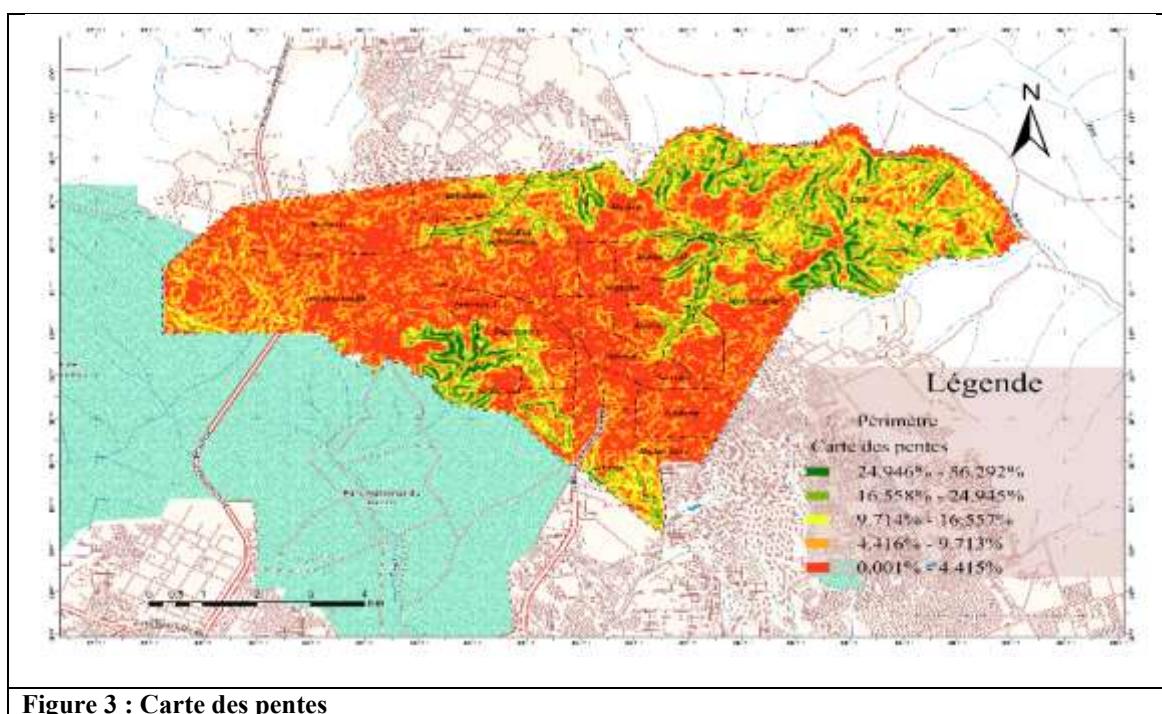
Resultats et Discussions:-**ResultatsLes analyses cartographiques ont permis d'obtenir les resultats suivants :****Carte d'occupation des sols :**

Plus de 66 % de la surface de la commune est constituée d'habitations, avec très peu d'étendues d'eau. La végétation claire et dense représente plus de 20 % et le sol nu 13 % de la superficie (figure2).



Carte des pentes :

La commune est majoritairement composée de faibles pentes (de l'ordre de 4 %) sur près de la moitié de sa zone (43,47 %), principalement dans les zones habitées ce qui favorise l'accumulation d'eau et augmente les risques d'inondation. Et un tableau de pentes fortement inclinées est observé (figure 3).



Carte des densités de drainage :

Les densités de drainage sont plus intenses dans les zones de Samake, Abobo Baoule, Agbekoi, Djibi, Abobo Nord, Avocatier Agnissankoi, Anonkoi Koute et Sagbe Nord, indiquant un flux important de ruissellement dans ces secteurs (figure 4).

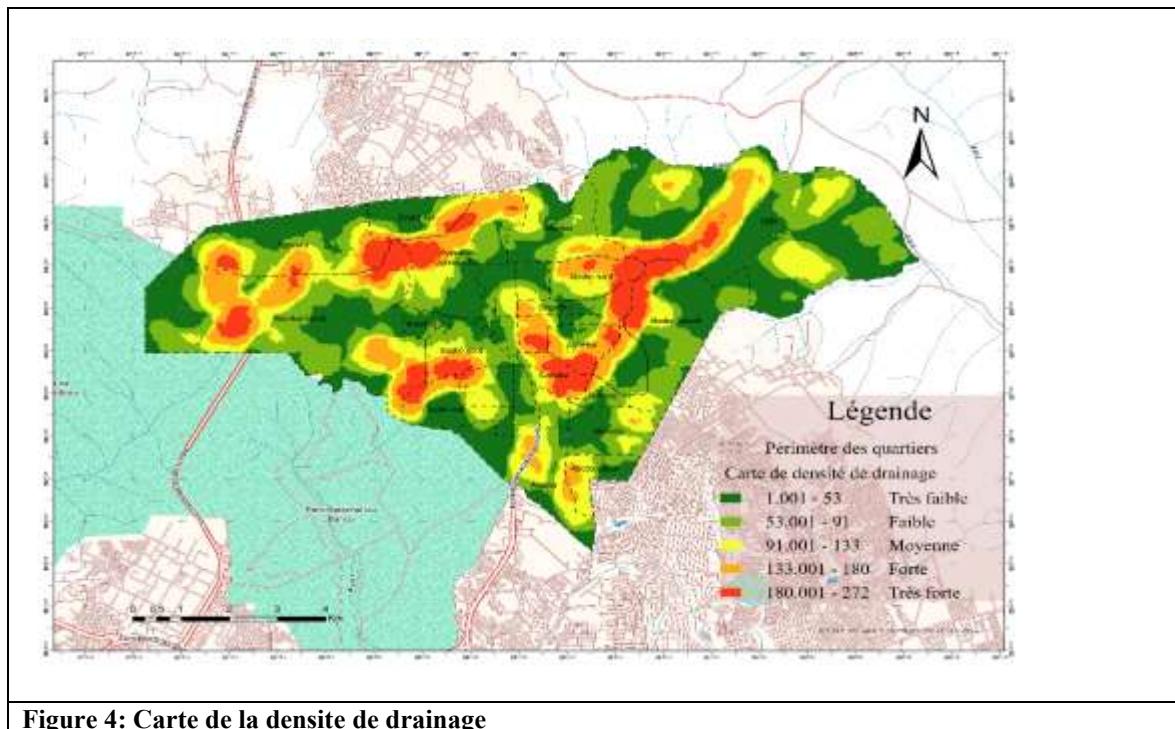


Figure 4: Carte de la densité de drainage

Carte d'intensité pluviométrique :

L'intensité pluviométrique de la commune est globalement constante, avec une légère élévation au Sud-Est de la zone (6)(figure5).

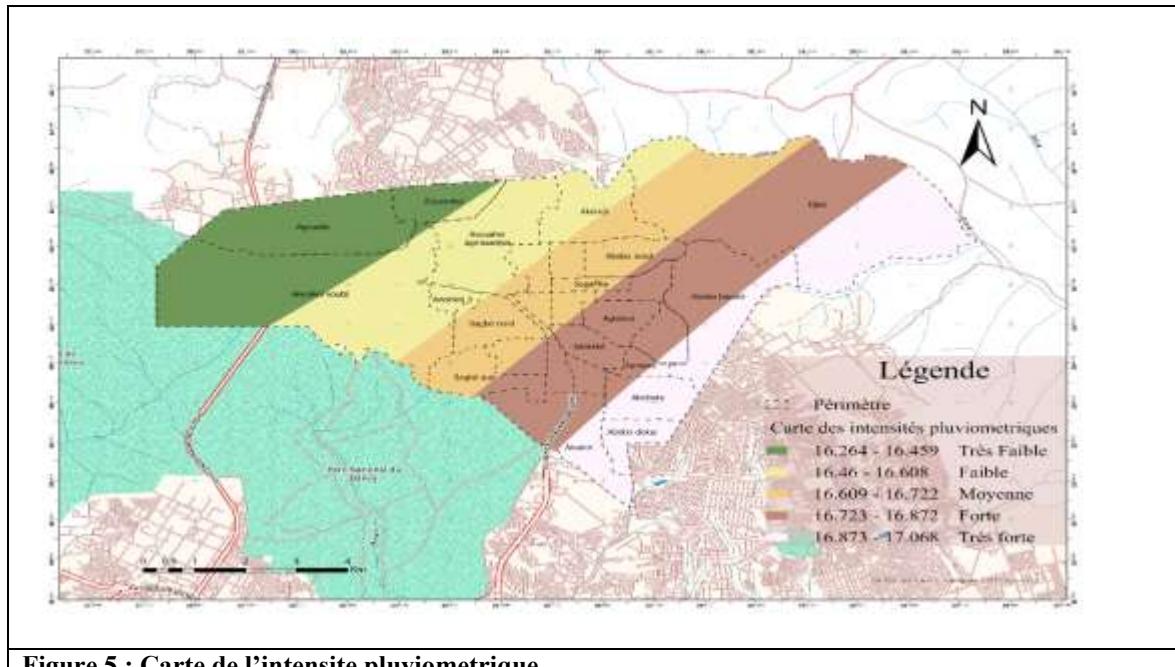
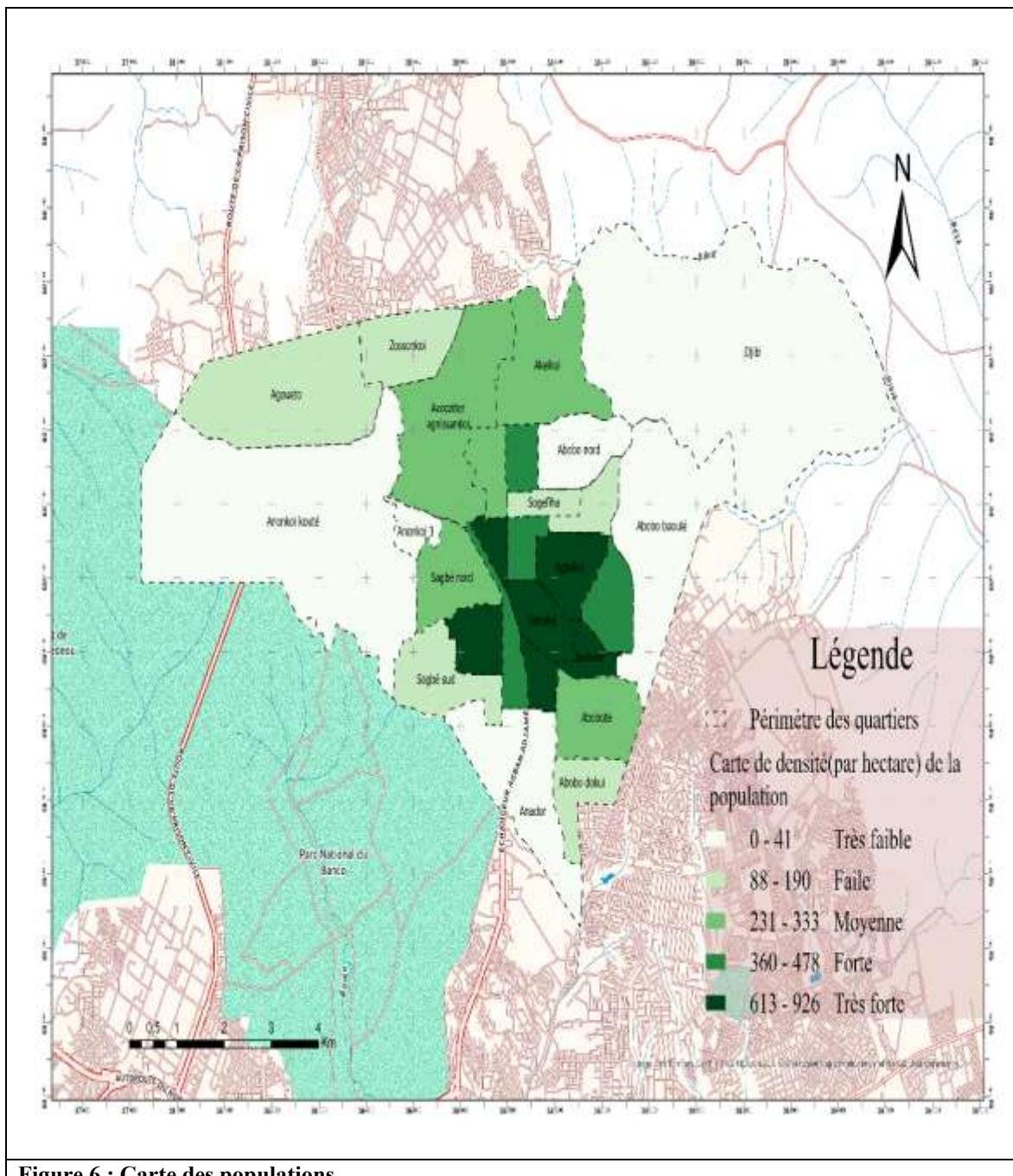


Figure 5 : Carte de l'intensité pluviométrique

Carte de densité de la population :

La population est plus dense au centre de la commune, montrant une inégale répartition concentrée dans le centre-ville (figure 6).



Carte des aleas:

Les zones de Samake, Agbekoi, Abobo Baoule, Djibi, Sagbe et Avocatier Agnissankoi sont les plus influencees par les phenomènes hydro-climatiques. Les resultats indiquent qu'environ 30 % de la commune est sensible aux phenomènes d'inondations(figure).

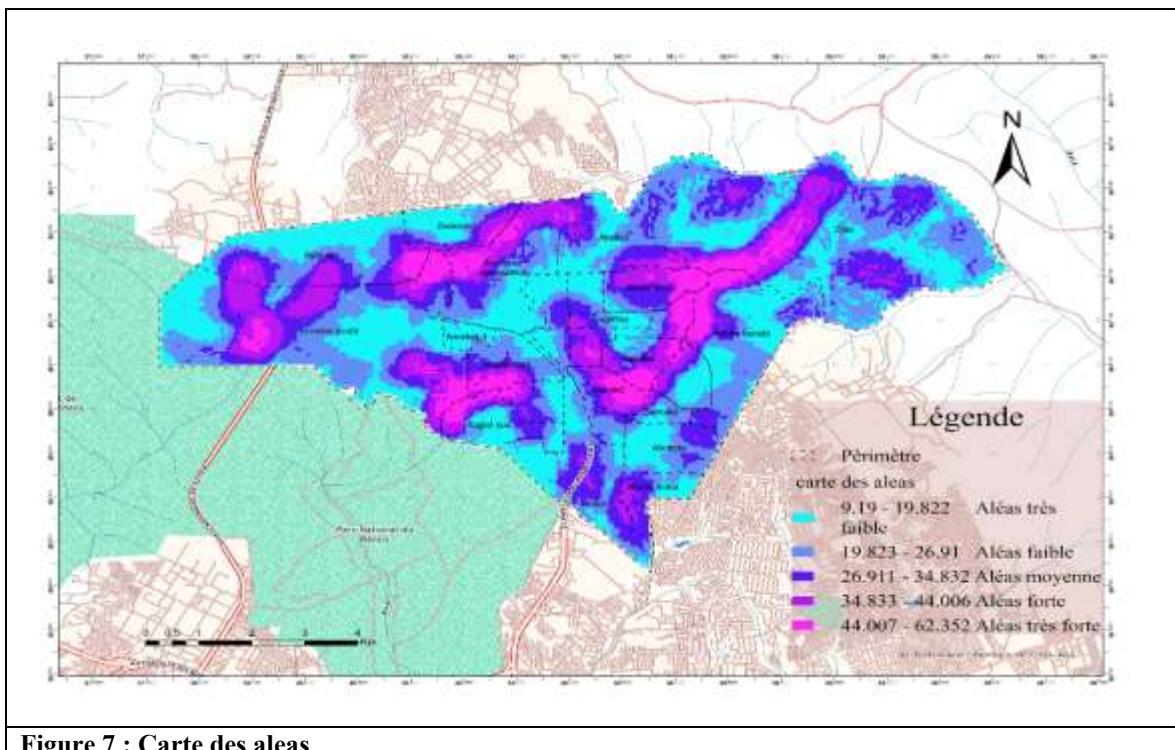


Figure 7 : Carte des aleas

Carte des vulnérabilités :

Les zones les plus vulnérables sont les zones centrales de la commune(**figure 8**).

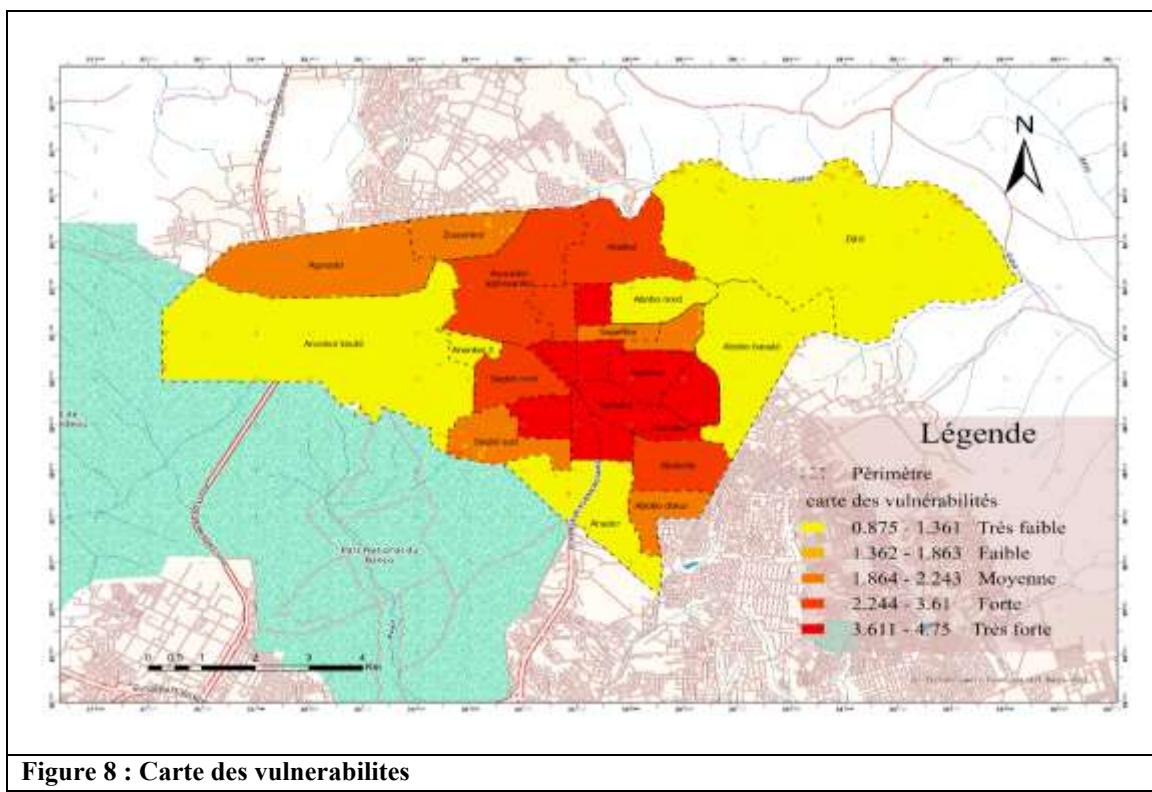


Figure 8 : Carte des vulnérabilités

Carte des risques d'inondation :

Les zones de Samake, Agbekoi, Sagbe Nord et Avocatier Agnissankoi presentent les risques d'inondation les plus eleves de la commune (figure 9).

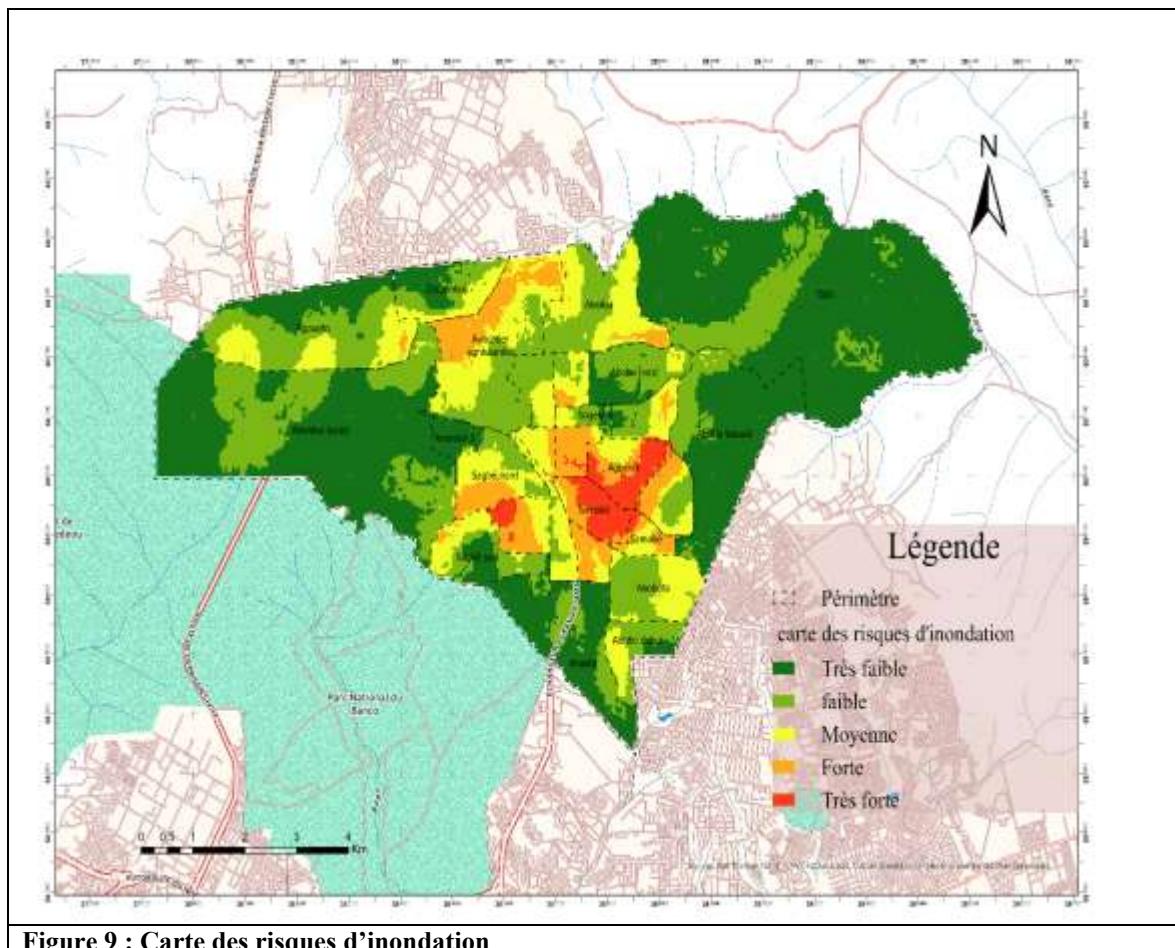


Figure 9 : Carte des risques d'inondation

Discussions:-

La prevention des risques d'inondation est une composante cruciale de la gestion globale des risques. Les facteurs d'aleas (pentes, densite de drainage, intensite pluviometrique) et de vulnerabilite (occupation des sols, densite de population) identifies dans la commune d'Abobo sont confirmes par la carte d'alea à l'inondation. Le fait qu'environ 30 % de la commune soit sensible aux inondations s'explique par la faible inclinaison des pentes, le drainage insuffisant et la forte intensite des precipitations. Ces observations sont en accord avec les etudes menees par Kouassi et al. (2021) sur la commune d'Abobo. La carte des vulnerabilites revèle que les zones les plus vulnerables sont les zones centrales de la commune. Ces resultats sont corroborés par l'article de Kouame et al. (2023) traitant de la cartographie du risque d'inondation à Cocody et Abobo. La combinaison de l'analyse multicritère de Sadat et des SIG a été determinante pour l'obtention de la carte des zones à risque d'inondation. L'analyse de cette carte a permis de comprendre que les zones à risques très eleves d'inondation se situent au centre de la commune, notamment dans les quartiers de Samake et Agbekoi. Ces conclusions sont coherentes avec celles d'une etude precedente de Kouassi et al. (2021) sur l'apport de la geomatique et de l'analyse multicritère pour l'evaluation et la prevention à Abobo.

L'efficacite des techniques de teledetection et des Systèmes d'Information Geographique (SIG) appliquees dans cette etude pour cartographier les zones vulnerables aux inondations est bien etablie. Ces technologies ont également été employees dans de nombreuses autres etudes sur les risques d'inondation en Côte d'Ivoire et ailleurs, comme celles de Vami Herman N'guessan Bi Bachir Saley (2014) pour le departement de Sinfra, d'Armand Kangah et Andre Alla Della (2015) pour le bassin-versant de Bonoumin-Palmeraie à Cocody, et de Mahaman Bachir Saley et al. (2005) pour la region semi-montagneuse à l'ouest de la Côte d'Ivoire. L'association de l'analyse multicritère de Saaty avec

les SIG est une approche reconnue et utilisee par d'autres chercheurs pour l'identification des zones à risque d'inondation, notamment par Kouame et al. (2023), Kouadio Boyosso Helène et al. (2023) pour la region de Man, Brou Kamenan Marcel et al. (2022) pour les quartiers de Gonzagueville et Jean-Folly à Port-Bouët, et Kouassi et al. (2021) pour la commune d'Abobo.

Conclusion:-

La cartographie des zones à risque d'inondation dans la commune d'Abobo est une demarche cruciale pour une gestion et une prevention efficace des risques. Elle offre une comprehension approfondie des zones vulnerables et des facteurs qui contribuent aux inondations, permettant ainsi une planification urbaine plus efficace et une gestion des ressources mieux adaptee. L'utilisation des techniques de teledetection, des Systèmes d'Information Geographique (SIG) et de l'analyse multicritère a permis d'obtenir les cartes des aleas et des vulnerabilites à l'inondation, dont la combinaison a mene à la carte des zones à risque d'inondation de la commune. Cette carte est un outil essentiel pour identifier les zones les plus exposees aux dangers d'inondation, soulignant l'urgence de la mise en place de mesures preventives. Pour l'avenir, une perspective envisagee est l'integration des cartes elaborees dans une plateforme numerique. Cela permettrait un suivi en temps reel des risques d'inondation pour la commune d'Abobo, ameliorant ainsi la gestion des situations d'urgence et renforçant la resilience face aux inondations.

Bibliographie:-

1. “Abobo — Wikipedia.” Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Abobo>
2. DEMBELE, A. DEMBELE, A. TOURE, and B. DEMBELE, “Implementation of a GIS Database for the Management of the Road Network,” *Int. J. Sci. Res.*, vol. 12, no. 10, pp. 1089–1094, 2023, doi: 10.21275/sr231012110051.
3. “30-Meter SRTM Elevation Data Downloader.” Accessed: Nov. 19, 2024. [Online]. Available: <https://dwtkns.com/srtm30m/>
4. “CHRS Data Portal.” Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://chrsdata.eng.uci.edu/>
5. Climat, meteo par mois, temperature moyenne pour Abobo (Cote d'Ivoire) - WeatherSpark.” Accessed: Nov. 19, 2024. [Online]. Available: <https://fr.weatherspark.com/y/35112/Meteo-moyenne-à-Abobo-Côte-d'Ivoire-tout-au-long-de-l'année#Sections-BestTime>.
6. “Earth Explorer.” Accessed: Nov. 19, 2024. [Online]. Available: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
7. M. B. Saley, F. K. Kouame, M. J. Penven, J. Biemi, and H. Boyosso Kouadio ? (2005.) “Cartographie Des Zones À Risque D ' Inondation Dans La Region Semi-Montagneuse À Louest De La Cote D'Ivoire : Apports Des Mna Et De L ' Imagerie Satellitaire,” *Teledetection*, vol. 5, no. 1-2-3, pp. 53–67,
8. K. D. KOUASSI, B. H. KOUADIO, D. A. ALLA, M. B. SALEY, and H. A. DIABY ? (2021). “Apport de la geomatique et de l'analyse multicritère pour l'évaluation et la prevention du risque dans la commune d'Abobo (Abidjan, Cote d'Ivoire),” *Rev. Can. Geographie Trop.*, vol. 8, no. 1, pp. 31–37.,
9. M. K. Kouame, J. C. Y. Boyosso Helène Kouadio, and B. et al Jean ? (2023) “Cartographie du risque d ' inondation a cocody et abobo-abidjan (cote d ' ivoire),” Ed. Francoph. Univ. d'Afrique, no. Juillet, pp. 430–447.
10. M. Tanguy. (2012.). *Cartographie Du Risque D'Inondation En Milieu Urbain Adaptee À La Gestion De Crise*.
11. V. Herman N 'guessan, B. B. Saley, D. E. Valere, F. Kouame, and K. Affian, (2014). “Cartographie Du Risque D'Inondation Par Une Approche Couplee De La Teledetection Et Des Systèmes D'Informations Geographiques (Sig) Dans Le Departement De Sinfra (Centre-Ouest De La Cote D 'ivoire),” *Eur. Sci. J.*, vol. 1010, no. 22, pp. 1857–7881.,
12. Kangah and A. A. Della. (2015). “Determination des zones à risque d'inondation à partir du modèle numerique de terrain (MNT) et du système d'information geographique (SIG): Cas du bassin-versant de Bonoumin-Palmeraie (commune de Cocody, Cote d'ivoire),” *Geo. Eco. Trop.*, vol. 39, no. 2, pp. 297–308.