



**APPLICATION DE L'ANALYSE MULTICRITERE A LA DETERMINATION DE LA
VULNERABILITE FACE AU RISQUE D'INONDATION DANS LA VILLE
DE GRAND-BASSAM (COTE D'IVOIRE)**

/

**APPLICATION OF MULTI-CRITERIA ANALYSIS TO VULNERABILITY
DETERMINATION TO FLOOD RISK IN THE CITY OF GRAND-BASSAM
(IVORY COAST)**

YAO Michel Phabius

Doctorant Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny

ALLA Della André

Professeur Titulaire, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny

Résumé

Grand-Bassam, ancienne capitale de la Côte d'Ivoire, est une zone fortement exposée aux inondations. Chaque année, pendant les saisons de pluies, les enjeux se retrouvent impactés par les eaux. Dans ce contexte, analyser la vulnérabilité devient donc crucial pour l'épanouissement des populations et le développement de la ville. Pour ce faire, l'analyse hiérarchique multicritère (l'AHM ou AMC) de T. Saaty a été utilisée. Intégrée à un système d'information géographique (SIG) en l'occurrence Arc Gis version 10.8, l'AMC a facilité la cartographie et l'évaluation de la vulnérabilité de la ville de Grand-Bassam à travers ses différentes composantes et leurs facteurs. Les résultats montrent que la composante la plus déterminante de la vulnérabilité globale, est la vulnérabilité sociale avec un poids normalisé de 0,54. Le facteur de vulnérabilité le plus déterminant est le statut économique, avec un poids normalisé de 0,67 dans le processus de vulnérabilisation des enjeux dans la ville de Grand-Bassam. Cette étude met en exergue l'intérêt d'une méthode d'aide à la décision qui prend en compte la multiplicité des facteurs et leurs interactions dans la manifestation de la vulnérabilité des enjeux face au risque d'inondation. Ainsi, ce procédé, a permis d'aboutir à la spatialisation de la vulnérabilité dans la ville de Grand-Bassam.

Mot clés : Côte d'Ivoire, Grand-Bassam, vulnérabilité, risque d'inondation.

Abstract

Grand-Bassam, the former capital of Ivory Coast, is an area highly exposed to flooding. Every year, during the rainy seasons, the area is impacted by water. In this context, analyzing vulnerability becomes crucial for the well-being of the population and the development of the city. To do this, T. Saaty's multi-criteria hierarchical analysis (MCA) was used. Integrated into a geographic information system (GIS), in this case ArcGis version 10.8, the MCA facilitated the mapping and assessment of the vulnerability of the city of Grand-Bassam through its different components and their factors. The results show that the most determining component of overall vulnerability is social vulnerability with a standardized weight of 0.54. The most determining vulnerability factor is economic status, with a standardized weight of 0.67 in the process of vulnerability of issues in the city of Grand-Bassam. This study highlights the interest of a decision-making method that takes into account the multiplicity of factors and their interactions in the manifestation of the vulnerability of issues to the risk of flooding. Thus, this process made it possible to achieve the spatialization of vulnerability in the city of Grand-Bassam.

Keywords: Ivory Coast, Grand-Bassam, vulnerability, flood risk.

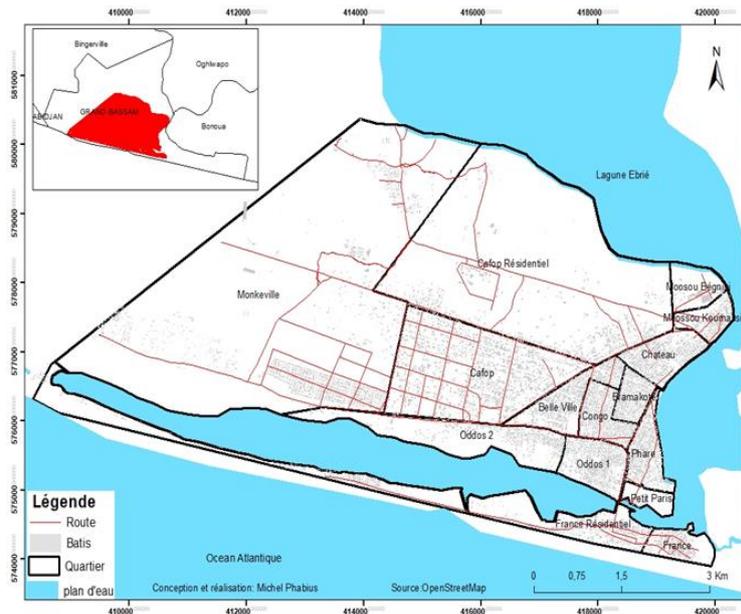
Introduction

Située sur le littoral ivoirien à une quarantaine de kilomètres à l'est d'Abidjan entre les latitudes 5°11' et 5°13' nord et les longitudes 3°22' et 3°65' ouest, la ville de Grand-Bassam notre espace d'étude couvre une superficie de 12 km² et se développe sur un relief de plaine entre la lagune Ébrié au nord, le fleuve Comoé à l'est et l'océan Atlantique au sud. Elle est le chef-lieu du département du même nom dans la région du Sud-Comoé et se trouve entourée de plusieurs communes, tels que les communes de Bingerville et Alépé au nord, la commune de Port-Bouët à l'ouest, la commune de Bonoua à l'est (Figure 1). Au recensement de 2021, la ville de Grand-Bassam avait une population estimée à 124 567 habitants avec une densité de 10 046 habitants/km² (RGPH, 2021). Les zones de haute densité (12659-25089 hab/km²) sont très localisées et concentrées dans un noyau urbain dense. Il s'agit de (Oddos1, Phare, Congo, et Bromakoté). En effet, depuis sa création dans les années 1880 sur le cordon littoral, entre l'Océan Atlantique et la lagune Ouladine, ce qu'il convenait d'appeler la ville de Grand-Bassam était réduit au quartier France constituée de sous-espaces bien distincts, le quartier administratif au centre avec ses grandes parcelles et la zone résidentielle à l'ouest, le quartier commercial à l'est constituer de vastes superficies pour les grandes compagnies européennes et de parcelles de taille relativement plus modeste pour les petits commerçants européens, libanais et africains. Plus à l'est, proche de la zone marécageuse de l'embouchure du fleuve Comoé, se trouvait le village des Noirs, constitué de parcelles aux dimensions réduites. Au nord de la lagune Ouladine, étaient implantés sur des sites qui n'avaient pas suscité d'intérêt pour les Européens, au milieu de la forêt, les villages de Petit Paris et de Moossou aux habitations construites avec des matériaux locaux.

À partir de 1966 en effet, la ville va connaître une progression plus rapide. L'espace urbanisé est passé de 235 hectares en 1966 à 345 en 1979 (Alla 2008 : 226) et avec l'érection de Grand-Bassam en commune de plein exercice, 142 autres hectares ont été lotis de 1980 à 1985 (Ayé 1993 : 135) 799 hectares en 2000, 1164 hectares en 2016 et 1854 hectares en 2020 (Daouda et al 2022 : 6). Très clairement la consommation de l'espace ne fait que s'accroître dans le temps. En ce qui concerne sa pluviométrie, que la ville de Grand-Bassam se trouve dans une zone qui se caractérise par l'abondance des précipitations, avec des moyennes annuelles variant entre 1 600 et un peu plus de 2 000 millimètres (Alla 2008 : 223). Ces pluies tombent chaque année sur deux périodes.

La première correspond à la grande saison pluvieuse qui commence au mois de mars et s'achève en juillet. Chaque année, 2 à 4 jours de précipitations de 200 à 500 millimètres d'eau peuvent se succéder. La violence des pluies dans la région se révèle davantage dans l'importance et l'intensité des pluies journalières. En outre, l'analyse des variations pluviométrique de 1985 à 2014 montre que de la première décennie à la troisième décennie, on enregistre une augmentation des précipitations avec 3574,5 mm de pluies. La ville de Grand-Bassam est une plaine littorale basse, où les altitudes varient en général entre 2 et 5 mètres. Elles descendent à 1 mètre, voire en dessous, aux abords de la lagune Ébrié au nord, de la lagune Ouladine au sud et du fleuve Comoé dans sa partie est. Les altitudes les plus élevées (6 à 7 mètres) se situent au niveau des dunes de sable formant d'anciens cordons littoraux et présentant dans l'intérieur des terres des bandes de sable parallèles à la côte. Ainsi la particularité topographique de Grand-Bassam réside dans ce relief plat où les pentes sont généralement faibles, et la nappe phréatique est à faible profondeur. En somme, l'environnement du site d'étude combine, une pluviométrie abondante, une densification des enjeux qui évoluent sur un relief plat, et un réseau de drainage des eaux dysfonctionnel, ainsi, la ville de Grand-Bassam se retrouve exposée à des inondations.

Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude



1 Méthodologie de l'étude

1.1 Techniques de collecte des données

L'étude s'est appuyée sur la recherche documentaire et l'enquête (questionnaire et entretiens), l'observation directe sur le terrain, la cartographie et l'analyse multicritère de Saaty (Analytic Hierarchy Process) de (Saaty 2008). Le choix des personnes à interroger s'est fait sur la base de l'échantillonnage par les méthodes du choix raisonné et de quotas. A partir de la méthode du choix raisonné, ce sont les zones qui subissent les inondations dans les quinze quartiers de la ville qui ont été sélectionnés. Vu le nombre important de personnes impactées à interroger, nous avons eu recours à la méthode du choix raisonné par quotas qui a consisté à définir une taille d'échantillon sur la base de critères simples en imposant un quota de nombre de personnes par quartier enquêté. Ainsi, pour cette enquête, l'ancienneté dans la ville, le quartier de résidence, et l'âge ont constitué les critères de sélection. Par la suite, les chefs de ménages qui habitent depuis plus de cinq ans les zones impactées ont été enquêtés. Pour la fiabilité des réponses, ces individus devaient être des chefs de ménage âgés de 30 ans au moins ou être des responsables communautaires vivants dans les zones impactées. Le quota fixé pour la constitution de l'échantillon est de 40 personnes par quartier. Ce sont au total, six cents (600) chefs de ménages pour les quinze quartiers de la ville de Grand-Bassam. Le questionnaire portait sur les caractéristiques sociodémographiques des ménages, le mode d'exploitation du site, la qualité du bâti, la perception des sites et des inondations qui se manifestent chaque année, la perception de leur vulnérabilité et les conséquences de ces phénomènes naturels ainsi que leurs réactions avant, pendant et après la manifestation des phénomènes d'inondations. En dépit des réticences de la part de certaines personnes enquêtées, nous avons pu avoir des réponses assez satisfaisantes pour notre questionnaire. Les réponses à ces questions ont permis d'alimenter les critères utilisés pour la (MHM) de Saaty (1984) et de parvenir à une spatialisation de la vulnérabilité. En ce qui concerne la ville de Grand-Bassam, le nombre de quartier a été déterminé à travers le découpage du (BNETD 2022) qui chiffre au nombre de 15 les principaux quartiers de la ville. Toutefois, il faut noter qu'au niveau des populations, d'autres noms ont été donnés aux quartiers. Néanmoins ce découpage, du BNETD, a permis de connaître les limites de chaque quartier.

Les traitements cartographiques ont conduit à l'élaboration d'une carte de vulnérabilité globale, après l'utilisation de l'analyse multicritère hiérarchique, pour l'évaluation des différentes dimensions de la vulnérabilité identifiées au préalable. Pour permettre une utilisation efficace de l'AHP, il a été question de déterminer les différentes dimensions de la vulnérabilité et leurs facteurs. Des avis d'experts ont été sollicités et synthétisés pour aboutir dans un premier temps à une définition des trois dimensions de la vulnérabilité (physique, sociale et humaine), puis à une identification de leurs facteurs. Le choix de ces experts été fait en tenant compte de deux critères : le rôle que ces personnes jouent dans la gestion des crises liées aux inondations, et le travail scientifique mené sur les questions de risques naturels. Il s'agit entre autres, du chef du service technique, du responsable de la cellule

sociale et culturelle de la mairie de Grand-Bassam, d'un responsable du service des sapeurs-pompiers de Grand-Bassam, du Dr Bamba du LATIG, du Dr Kouame du LAGERIS. Les axes de discussion ont été regroupés en trois questionnaires portant respectivement sur l'évaluation de la vulnérabilité physique du bâti, l'évaluation de la vulnérabilité humaine et l'évaluation de la vulnérabilité sociale. Ce procédé a permis de déterminer neuf facteurs qui influence considérablement la vulnérabilité globale de la ville.

1.2 Méthode d'analyse des données

Les méthodes multicritères sont des outils d'évaluation et d'aide à la prise de décision fréquemment utilisés dans les problématiques environnementales, notamment les études portant sur l'évaluation de la vulnérabilité d'un territoire aux aléas d'origine naturelle ou anthropique. Pour cette étude, le choix s'est porté sur (Analytic Hierarchy Process) développée par Saaty afin de mener à terme cet article. En effet l'AHP permet une évaluation intégrée de la vulnérabilité en pondérant différentes composantes et facteurs. Cette méthode a été appliquée avec succès dans diverses études sur les risques d'inondations dans des villes africaines car présentant l'avantage d'être simple d'utilisation et permet de vérifier la cohérence des jugements (Kangah et Coulibaly2024). Intégrée à un système d'information géographique (SIG), l'AHP a facilité la cartographie et l'évaluation de la vulnérabilité de la ville de Grand-Bassam à travers ses différentes composantes et facteurs identifiés. Ainsi, ce procédé, a permis d'aboutir à un résultat qui présente la répartition de la vulnérabilité dans la ville de Grand-Bassam.

Cette méthode d'évaluation spatiale multicritère est généralement constituée de 4 composantes : les critères d'entrée, leurs poids d'importance relative, une structure d'agrégation et une carte de pertinence finale. Dans le cas de cette étude, trois dimensions de la vulnérabilité ont été déterminées et analysées à savoir : la vulnérabilité physique, la vulnérabilité sociale, et la vulnérabilité humaine. Ces différentes dimensions ont fait l'objet d'analyse et d'évaluation à partir de leurs différents facteurs, à savoir : pour la vulnérabilité physique (la distance au réseau hydrographique, la Qualité du Bâti, et les Mesures de Protection), pour la vulnérabilité humaine (l'état de santé de la population, la perception de la vulnérabilité par les habitants, et la densité de Population), et enfin pour la vulnérabilité sociale (le statut socio-économique des ménages, le niveau d'instruction de la population, et l'âge). Toutefois, il faut noter que, l'appréciation de chaque dimension de la vulnérabilité repose sur la hiérarchisation des facteurs qui y contribuent. Pour chaque facteur, la gamme des variations de valeurs est divisée en classes. A chaque classe est affectée une note qui permet de situer la définie dans l'étude sur des échelles de valeurs correspondant aux niveaux d'implication dans le processus de vulnérabilisation des enjeux. Le système de notation ainsi adopté est celui de la progression arithmétique de sorte que les points d'un facteur puissent être additionnés avec ceux des classifications relatives aux autres facteurs. Ces notes varient de 1 (indice très faible) à 5 (indice très élevé) pour tous les facteurs. Chacune de ces échelles se présente comme suit :

Tableau 1. Notes attribuées aux de facteurs de vulnérabilité

Indice des facteurs	Note
Très faible	1
Faible	2
Moyen	3
Élevé	4
Très élevé	5

Source : extrait de Alla (2013), proposé par T. Saaty, (2008)

En outre, il faut souligner que le mécanisme principal de cette méthode repose sur la comparaison par paire de chacune des alternatives entre elles, et non pas seulement sur une pondération arbitraire des critères ou facteurs (Kouame 2025). Plusieurs process existent dans la conduite d'une étude nécessitant une prise de décision basée sur plusieurs critères. Dans le cadre de cette étude, la démarche adoptée est celle indiquée par T. L. Saaty. L'application de cette méthode peut être résumée brièvement à trois étapes comme l'ont fait (Alla 2013 :92), (Nanfack 2021 : 03) et (Kouame2025 : 147) :

- la première étape concerne la construction de la matrice et l'établissement des priorités.
- la deuxième étape analyse la cohérence logique de la procédure. C'est la démarche par laquelle on teste la cohérence des appréciations. En effet, un raisonnement est dit cohérent si son indice de cohérence est inférieur ou égal à 10 %.
- la troisième étape est liée à la pondération et l'agrégation des facteurs. Elle consiste à affecter à chaque facteur des différentes dimensions de la vulnérabilité leurs coefficients de pondération pour tenir compte de l'importance

qu'on leur accorde dans la vulnérabilisation des enjeux face aux inondations. Enfin, on procède à la réalisation des cartes des différentes dimensions de la vulnérabilité qui permettent d'aboutir après croisement à la réalisation de la carte de vulnérabilité globale.

La première étape consiste à construire la matrice et à établir les priorités de chaque facteur. Pour ce faire, on procède à une classification à travers une comparaison des facteurs deux par deux. Cette étape consiste à attribuer des valeurs d'ordre ordinal à des jugements ou appréciations sur l'importance d'un facteur par rapport à un autre sur la base d'une échelle de valeurs numériques proposée en 1984 par T. L. Saaty (tableau 2). Les éléments de décision peuvent à la suite être classés selon leur importance relative les uns par rapport aux autres.

Tableau 2. Correspondance des appréciations

Degré d'importance	Définition	Commentaire
1	Importance égale de deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la propriété
3	Faible importance d'un élément par rapport à l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible
2,4,6,8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Un compromis est nécessaire entre deux appréciations

Source : Saaty, 1984.

À la fin du processus, on aboutit à une spatialisation de la vulnérabilité dans la ville de Grand-Bassam.

2 Résultats de l'étude

À partir des matrices réalisées, nous avons calculé le poids normalisé pour chaque facteur de chaque dimension de la vulnérabilité.

2.1 les différents types de vulnérabilité

2.1.1 La vulnérabilité physique

Pour cette dimension de la vulnérabilité, les critères retenus ici sont :

- la qualité du bâti, qui détermine le niveau de résistance des structures en fonction du type de matériau utilisé pour la construction.
- la mesure de protection qui concerne les ouvrages effectués pour protéger les constructions des agressions hydriques.
- la distance du réseau hydrographique qui détermine la distance d'exposition des enjeux par rapport au cours d'eaux.

Tableau 3. Matrice de comparaison par paire et Poids normalisés des critères de la vulnérabilité physique

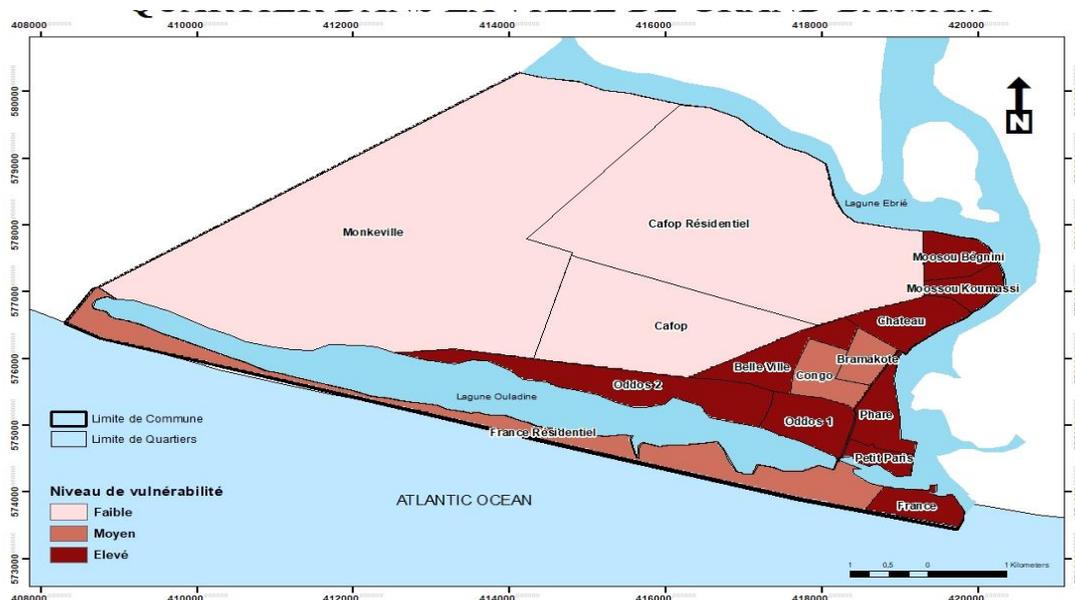
Facteurs	Qualité du bâti	Mesure de protection	Distance au réseau hydrographique	Poids
Qualité du bâti	1	1/3	1/4	0,12
Mesure de protection	3	1	1/3	0,27
Distance au réseau hydrographique	4	3	1	0,61
Somme colonne (Σ)	8	13/3	19/12	1
RC= 0,060				

Source : nos traitements de données, 2022

Le tableau 3 met en lumière le calcul de la pondération de la dimension physique de la vulnérabilité. Il ressort de ce Tableau que le facteur Distance au réseau hydrographique détient la plus forte influence sur la vulnérabilité physique des enjeux à Grand-Bassam (0,61). Cela s'explique par le fait que la proximité avec les plans d'eau expose fortement les populations aux sinistres générés par les inondations. En outre, le critère Mesure de protection (0,27) vient en seconde place dans les facteurs influençant de façon relativement notable la vulnérabilité physique. Cela s'explique par le fait qu'en l'absence de mesure de protection, l'intégrité physique des enjeux sois mis à mal face aux inondations.

Après ce procédé, les poids numériques normalisés résultant de ces comparaisons, validés par un indice de Cohérence acceptable ont été introduit dans Arc Gis version 10.8 et appliqués aux rasters scorés des facteurs. L'indice de vulnérabilité physique a été calculé cellule par cellule via une superposition pondérée (Weighted Overlay ou calcul raster équivalent) : $Vulnérabilité\ Physique = (Poids-Distance * Score-Distance) + (Poids-Bâtis * Score-Bâtis) + (Poids-Protection * Score-Protection)$. Le raster continu obtenu a finalement été classifié en trois niveaux discrets (Faible, Moyen, Élevé) pour produire la carte synthétique de la vulnérabilité physique.

Figure 2. Carte de la vulnérabilité physique des enjeux



2.1.2 La vulnérabilité sociale

Pour cette dimension de la vulnérabilité, les critères retenus ici sont :

- le niveau d'instruction, à travers ce critère, c'est l'aptitude de l'individu à pouvoir recevoir et traiter les informations relatives à la prévention et aux situations de crise qui est analysé.
- L'âge, ce critère met en exergue les catégories de personnes les plus vulnérables aux inondations (enfants de 0 à 15 ans et les personnes âgées de plus de 64 ans).
- Statut économique, ce critère met en exergue le niveau de vulnérabilité des ménages en fonction de leurs revenus.

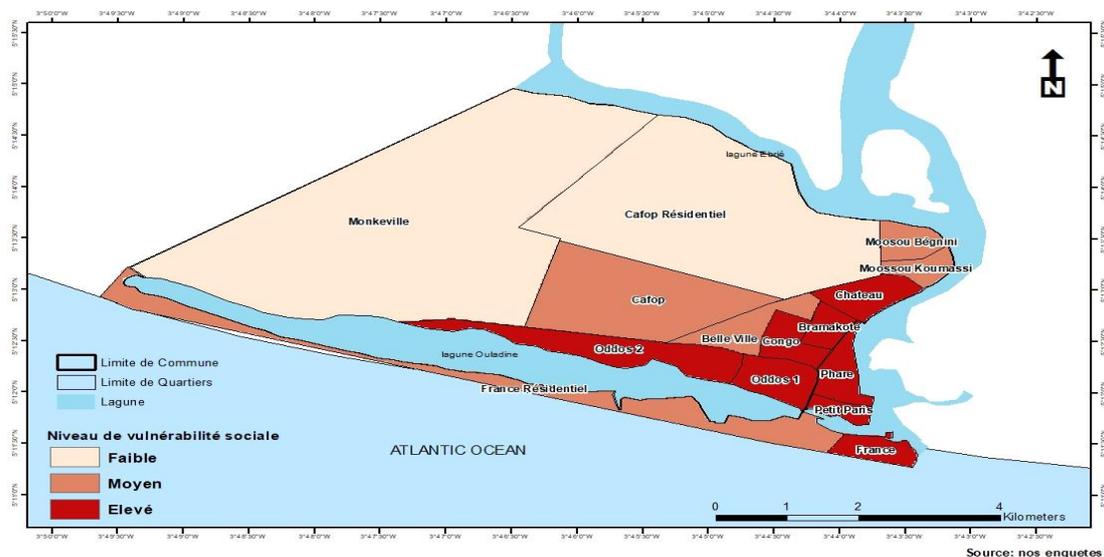
Tableau 4. Matrice de comparaison par paire des différents facteurs de la vulnérabilité sociale

Facteurs	Niveau d'instruction	Age	Statut économique	Poids
Niveau d'instruction	1	1/3	1/5	0,10
Age	3	1	1/4	0,23
Statut économique	5	4	1	0,67
Somme colonne (Σ)	9	16/3	29/20	1
RC= 0,031				

Source : nos traitements de données, 2022

Le tableau 4 met en lumière le calcul de la pondération de La dimension sociale de la vulnérabilité. Il ressort de ce Tableau que le facteur statut économique détient la plus forte influence sur la vulnérabilité sociale des enjeux à Grand-Bassam (0,67). Cela s'explique par le fait que les populations ayant de faibles revenus soient obligées de se retrouver dans des zones à risque bien souvent dans des habitations qui n'offre pas suffisamment de sécurité face aux inondations. En outre, le critère Age (0,23) vient en seconde place dans les facteurs influençant de façon relativement notable la vulnérabilité sociale. Cela s'explique par le fait que les personnes ayant un certain âge, ont de grandes difficultés de mobilité durant les sinistres. L'AHP a été utilisée pour déterminer les poids relatifs de l'importance du statut économique, du niveau d'instruction et de la concentration des populations « âgées et enfants » dans la détermination de la vulnérabilité sociale globale. Les poids AHP normalisés et validés, à l'aide des fonctionnalités d'ArcGis version 10.8, ont été appliqués aux rasters scorés des facteurs sociaux. L'indice de vulnérabilité sociale a été calculé via une superposition pondérée : $V\text{-Sociale} = (\text{Poids-Statut-éco} * \text{Score-Statut-éco}) + (\text{Poids-Instruction} * \text{Score-Instruction}) + (\text{Poids-Ages} * \text{Score-Ages})$. Le raster continu résultant a été classifié en trois niveaux (Faible, Moyen, Élevé) pour générer la carte de vulnérabilité sociale.

Figure 3. Carte de la vulnérabilité sociale des enjeux



2.1.3 La vulnérabilité humaine

Pour cette dimension de la vulnérabilité, les critères retenus ici sont :

- Perception de la vulnérabilité, ce critère permet d'apprécier les actions préventives des populations face au risque d'inondation en vue de réduire leurs propres vulnérabilités.
- Densité, ce critère permet d'apprécier la concentration des enjeux présents dans l'espace face aux agressions hydriques.
- Etat de santé, ce critère permet d'apprécier la mobilité des personnes pendant les inondations.

Tableau 5. Matrice de comparaison par paire des différents facteurs de la vulnérabilité humaine

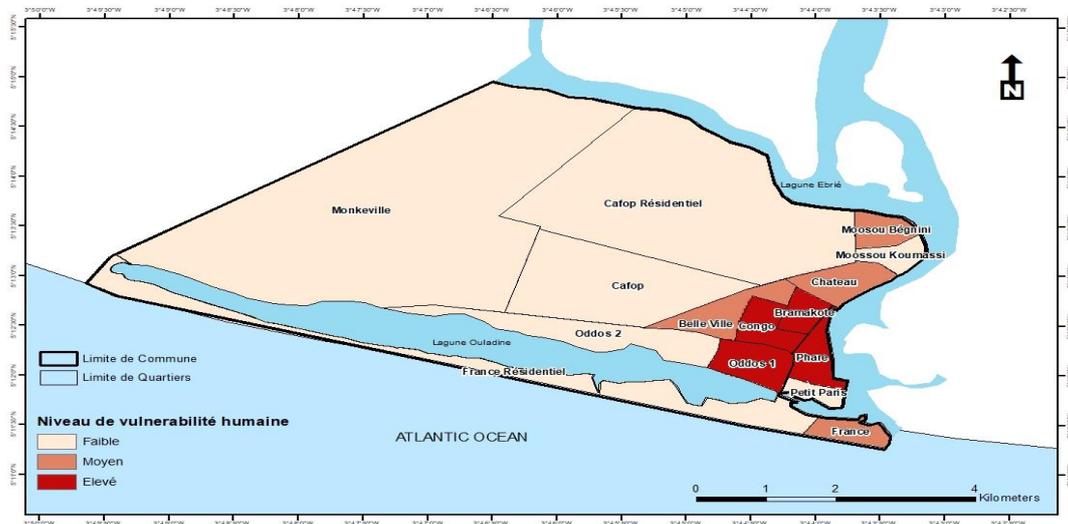
Facteurs	Perception de la vulnérabilité	Densité	Etat de santé	Poids
Perception de la vulnérabilité	1	1/4	1/5	0,1
Densité	4	1	1/3	0,28
Etat de santé	5	3	1	0,62
Somme colonne (Σ)	10	17/4	23/15	1
RC = 0,065				

Source : nos traitements de données, 2022

Le tableau 5 met en lumière le calcul de la pondération de la dimension humaine de la vulnérabilité. Il ressort de ce Tableau que le facteur état de santé détient la plus forte influence sur la vulnérabilité humaine des enjeux à Grand-Bassam (0,62). Cela s'explique par les populations ayant un état de santé fragile aient de grandes difficultés à anticiper et à réagir durant les sinistres. En outre, le critère Densité (0,28) vient en seconde place dans les facteurs influençant de façon relativement notable la vulnérabilité humaine. Cela s'explique par le fait que la concentration des enjeux dans l'espace contribue à exposer les populations aux inondations.

Après que l'AHP a été utilisé dans ce contexte pour déterminer l'importance relative de l'état de santé, de la perception de la vulnérabilité et de la densité de population dans la détermination de la vulnérabilité humaine. Les poids AHP normalisés et validés, à l'aide des fonctionnalités d'ArcGis version 10.8, ont été appliqués aux rasters scorés des facteurs. L'indice de vulnérabilité humaine a été calculé via une superposition pondérée : $V\text{-Humaine} = (\text{Poids-Santé} * \text{Score-Santé}) + (\text{Poids-Perception} * \text{Score-Perception}) + (\text{Poids-Densité} * \text{Score-Densité})$. Le raster continu final a été classifié en trois niveaux (Faible, Moyen, Élevé) pour produire la carte de vulnérabilité humaine.

Figure 4. Carte de la vulnérabilité humaine



2.2 Spatialisation et cartographie de de la vulnérabilité globale des quartiers de la ville de Grand-Bassam

2.2.1 La spatialisation de la vulnérabilité globale des quartiers de la Ville de Grand-Bassam

Afin de spatialiser la vulnérabilité globale de ville de Grand-Bassam, le même procédé AHP, a été appliqué aux trois dimensions de la vulnérabilité afin de déterminer leurs poids respectifs dans le processus de vulnérabilisation des enjeux. Ce qui a permis d'aboutir à Matrice de comparaison par paire des différentes dimensions de la vulnérabilité globale.

Tableau 6. Matrice de comparaison par paire des différentes dimensions de la vulnérabilité globale

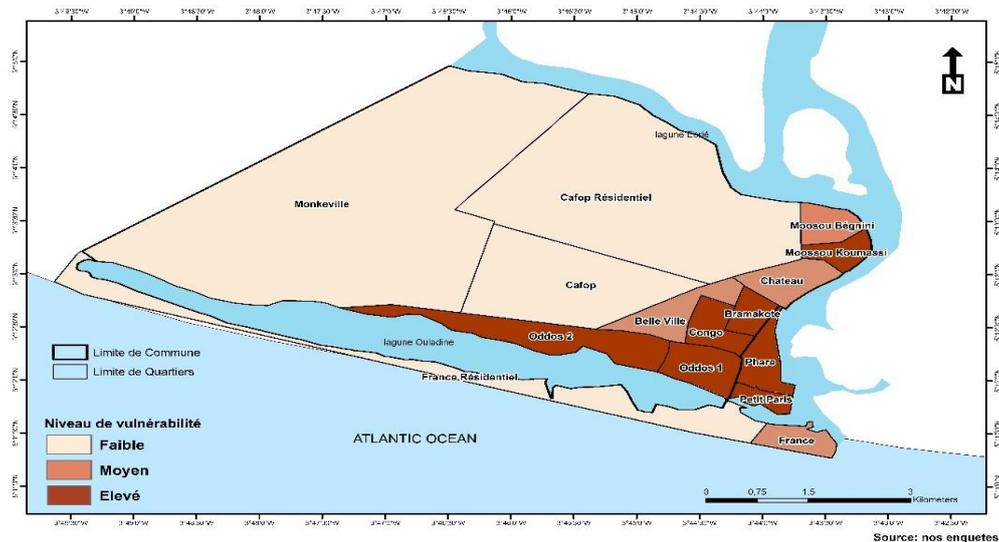
Critères	Vulnérabilité physique	Vulnérabilité humaine	Vulnérabilité sociale	Poids
Vulnérabilité physique	1	1/2	1/3	0,16
Vulnérabilité humaine	2	1	1/2	0,30
Vulnérabilité sociale	3	2	1	0,54
Somme colonne (Σ)	6	7/2	11/6	1
RC = 0,017				

Source : nos traitements de données, 2022

2.2.2 Cartographie de la vulnérabilité globale des quartiers de la Ville de Grand-Bassam

La carte de vulnérabilité globale représente la synthèse finale de l'analyse des différentes dimensions de la vulnérabilité (physique, sociale, et humaine) à Grand-Bassam. Elle est construite en agrégeant les trois indices composites de vulnérabilité dérivés des étapes précédentes : la vulnérabilité physique, la vulnérabilité sociale, et la vulnérabilité humaine. Ces trois couches raster intermédiaires (classifiées en Faible, Moyen, Élevé), ont été utilisées comme facteurs d'entrée au niveau de l'analyse multicritère. L'AHP a été appliqué une dernière fois pour déterminer les poids relatifs de l'importance de la vulnérabilité physique, de la vulnérabilité sociale et de la vulnérabilité humaine dans l'évaluation de la vulnérabilité globale du territoire et de ses enjeux. Ces poids AHP, la contribution de chaque dimension à la fragilité générale face aux risques d'inondations, ont été normalisés et validés. Les rasters représentant les trois vulnérabilités composées ont été combinés via une superposition pondérée (Weighted Overlay ou calcul raster) selon la formule : $V\text{-Globale} = (\text{Poids-V-Physique} * \text{Score-V-Physique}) + (\text{Poids-V-Sociale} * \text{Score-V-Sociale}) + (\text{Poids-V-Humaine} * \text{Score-V-Humaine})$. Le résultat est un raster continu représentant le niveau de vulnérabilité globale sur l'ensemble de la ville. Finalement, ce raster de vulnérabilité globale a été classifié en trois niveaux discrets (Faible, Moyen, Élevé) pour produire la carte synthétique de la vulnérabilité Globale, un résultat clé pour identifier les zones les plus vulnérables (figure 5).

Figure 5. Spatialisation de la vulnérabilité globale des enjeux dans la ville de Grand-Bassam



De tout ce qui précède, la vulnérabilité aux inondations dans la ville de Grand-Bassam, se présentent sous trois dimensions : la vulnérabilité sociale, la vulnérabilité humaine et la vulnérabilité physique. Les résultats de l'AHP, montrent que des trois dimensions de la vulnérabilité globale de la ville de Grand-Bassam, celle qui contribue le plus à vulnérabilisation des enjeux est la dimension sociale avec un poids de (0,54), suivie de la dimension humaine avec un poids de (0,30). La carte met en exergue la variation spatiale de la vulnérabilité globale dans la ville d'étude. Au travers de sa légende trois unités spatiales allant de Faible à fort se décline. La première unité spatiale est mise en exergue est celle qui regroupe les quartiers caractérisés par une vulnérabilité élevée (Oddos 1 et 2, Petit Paris, Phare, Moossou, Koumassi, Bromakoté et Congo). Ces quartiers présentent une forte densité de populations. En comparant les cartes de vulnérabilité physique et sociale, on remarque que ces quartiers sont caractérisés par des niveaux relativement élevé de vulnérabilité. La deuxième unité spatiale regroupe les quartiers caractérisés par une vulnérabilité moyenne (Belle-ville, Château et France). En observant la carte de vulnérabilité physique, on remarque que ces quartiers sont caractérisés par une vulnérabilité élevée. Tandis que sur la carte de vulnérabilité humaine, ces quartiers sont présentés comme moyennement vulnérables. La troisième unité spatiale regroupe, les zones les moins vulnérables (Monkeyville, Cafop résidentiel, Cafop et France résidentiel). Elles sont caractérisées par un habitat de standing relativement plus élevé que les autres et par une localisation relativement éloignée des plans d'eaux. En comparant les cartes des dimensions de la vulnérabilité, on remarque que leur niveau de vulnérabilité est relativement faible.

3 Discussion

Les résultats montrent que le critère qui contribue le plus à la vulnérabilité physique est celui de la distance séparant les enjeux du réseau hydrographique avec un poids de 0,61. Le critère qui contribue le plus à la vulnérabilité sociale est celui du statut économique avec un poids de 0,67. Le critère le plus important pour la détermination de la vulnérabilité humaine est l'état de santé avec un poids de 0,62. En ce qui concerne les différentes dimensions de la vulnérabilité globale, les résultats montrent que la composante qui contribue le plus à la vulnérabilisation des enjeux est la vulnérabilité sociale avec un poids de 0,54. Nos résultats rejoignent sur ce point ceux de (Nanfack 2021 : 6), qui détermine la composante sociale comme étant la plus prépondérante. En outre, nos résultats abondent dans le même sens quant à la définition du facteur le plus important dans la détermination de la vulnérabilité physique. En effet tout comme (Nanfack 2021 : 5), nos résultats définissent de la distance séparant les enjeux du réseau hydrographique comme le critère de vulnérabilité physique le plus important. Toutefois, nos résultats sont divergents de ceux de (Nanfack 2021 : 6) quant à la définition du critère majeur de vulnérabilité sociale. Tandis que nos travaux mettent en exergue le statut économique, comme facteur majeur dans la détermination de la vulnérabilité sociale, l'auteur en ce qui le concerne affirme que le critère handicap est le plus influent pour la vulnérabilité sociale. En ce qui concerne la vulnérabilité humaine, nos résultats montrent que le facteur le plus important est l'état de santé. Abonde dans le même sens, (Defossez 2021 : 11) pour présenter la vulnérabilité humaine comme une vulnérabilité intrinsèque de la personne qui dépend de ses capacités physiques et psychologiques à résister à l'inondation. A ce titre, ils présentent les critères personnes malades ou handicapées comme des éléments de vulnérabilité humaine générale. Au plan méthodologique, cette étude montre l'utilité du SIG et de l'Analyse multicritère dans la réalisation de carte relatives à l'évaluation de la vulnérabilité des enjeux face aux inondations. Les processus d'analyse spatiale basée sur ce type de méthode ont déjà été mis à profit dans plusieurs études portant sur l'évaluation de la vulnérabilité des zones urbaines à l'aléa inondation. C'est une méthode bien structurée et beaucoup employée. Elle a la capacité de déchiffrer des problèmes de décision complexes intégrant plusieurs facteurs. En plus, elle définit l'importance des différents paramètres à intégrer dans l'évaluation de la vulnérabilité. Toutefois, il se pose le problème de la subjectivité qui entoure le processus de pondération des critères d'analyse (Kouamé, 2025 : 226). Ce qui est relevé d'ailleurs par (Eba et al. 2021 : 295) dans leurs études sur la vulnérabilité à l'inondation dans la commune de Bingerville en Côte d'Ivoire. L'analyse qui est ainsi faite s'inscrit dans la perspective des études de géographie des risques.

Conclusion

L'objectif de cette étude est de déterminer la vulnérabilité de la ville Grand-Bassam, comme dans la plupart des villes du littoral ivoirien, elle est confrontée aux défis de croissance des différents enjeux présents en son sein. Les risques ont émergé quand l'urbanisation a commencé à s'imposer à des sites impropres à l'occupation. En effet la ville s'est développée sur un relief de plaine littoral ayant des altitudes assez basses. Aux abords des cours d'eaux, les sables du quaternaire font place aux sable fluvio-lagunaires qui se caractérisent par leur forte plasticité et leur teneur en eaux. Ces différentes caractéristiques des sols contribuent à la faible profondeur de la nappe phréatique. Ainsi pendant les saisons pluvieuses, la nappe remonte très rapidement, de plus quand le réseau de drainage des eaux n'arrive pas à couvrir les besoins de la ville, tout ceci fini par causer des inondations. De ce fait, des enjeux importants se retrouvent impactés chaque année, durant les saisons de pluie. Cette situation met en lumière la vulnérabilité de plus en plus croissante de l'espace urbain étudié. En outre, l'application de l'analyse multicritère nous a permis de voir que les différents quartiers, compte tenu d'un ensemble de facteurs, ne présentent pas le même niveau de vulnérabilité. Elle est déterminée par les dimensions (physique, humaine et sociale), avec un ensemble de facteurs d'importance variable, qui interagissent dans le processus de vulnérabilisation globale des enjeux de la ville. Dans un tel contexte, réduire la vulnérabilité des populations et de leurs biens devient une préoccupation majeure pour une perspective de développement urbain durable. A ce titre, la nécessité de la mise en place de structures et de moyens de préventions adéquats afin de réduire les impacts directs et indirects des inondations sur les populations et les établissements humains deviennent cruciale.

Références bibliographiques

- [1] ALLA Della André, 2008. « Les inondations à Grand-Bassam : Un risque permanent », dans, Pottier, Géographie du littoral de la Côte d'Ivoire : Eléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée, Coopération 164 interuniversitaire Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire) /Nantes (France), Saint-Nazaire, France, pp 221-236.
- [2] AYE M. F, 1993. « Étude comparée de la dynamique spatiale urbaine de Grand-Bassam et de Bonoua », Mémoire de maîtrise de Géographie, Université de Cocody Abidjan, 135 p. Coteivoire@fr.st, <http://bassam.site.voila.fr/index.jhtml> Direction des archives du Sénégal, <http://www.archivesdusenegal.gouv.sn/>
- [3] DAOUDA et al, 2022. « La zone humide de Grand-Bassam face aux enjeux fonciers et aux besoins d'extension de la métropole abidjanaise », pp12
- [4] DEFOSSEZ, 2021, « Diagnostiquer la vulnérabilité face aux inondations : progrès et limites ». Dans Freddy Vinet, Inondations 1 : la connaissance du risque, Montpellier : ISTE Editions Limited, p. 263-278.
- [5] EBA, AKE, GOUADOU, 2021, « Évaluation de la vulnérabilité à l'inondation des communes à proximité des grandes villes ouest africaines : Cas de la commune de Bingerville (Est d'Abidjan - Côte d'Ivoire). Dans JOURDA, European Scientific Journal., ESJ, N° 14, Volume 17, pp. 277-299
- [6] GOGBÉ Téré, 2008. « Atouts et contraintes de développement d'une ville côtière emblématique ; le cas de Grand-Bassam » dans Pottier, Géographie du littoral de la Côte d'Ivoire : Eléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée, Coopération 164 interuniversitaire Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire) /Nantes (France), Saint-Nazaire, France, pp 203-220.
- [7] KANGAH Armand, ALAMA, C, 2024. « Application de la géomatique et de l'analyse multicritère la cartographie du risque d'inondation dans la ville d'Agboville. », ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.6.2024.p562>
- [8] KOUAMÉ Kouakou Fidèle Constant 2025, « Crues et risque d'inondation dans le bassin-versant aménagé du fleuve Sassandra à l'exutoire de Soubré (sud-ouest de la côte d'ivoire) » P 292.
- [9] METOGBA Fofana, KOUAME Walter Kra, 2025, « L'occupation des zones à risques d'inondation dans le district d'Abidjan : entre représentations, frustrations et rhétoriques, » pp 26
- [10] NANFACK Gabriel 2021, « Application de l'Analyse Multicritère Hiérarchique dans l'évaluation de la vulnérabilité aux inondations dans l'espace urbain de Kékem (Ouest-Cameroun) » pp 9,
- [11] SAATY Thomas L., 2008 Decision making with the analytic hierarchy process pp 83-96
- [12] SAATY Thomas L., 1984, « Décider face à la complexité. Une approche multicritère d'aide à la décision. » Collection Université-Entreprise, Les Éditions ESF, 231 pages, consulté en ligné, https://books.google.ci/books?id=SZzaO8JkyFMC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.