

Evaluation et prévention du risque d'inondation dans la ville de Tiassalé (Sud de la Côte d'Ivoire)

Armand KANGAH

Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

a_kangah@yahoo.fr

Résumé

La ville de Tiassalé, tout comme certaines villes du sud de la Côte d'Ivoire enregistre pendant les saisons des pluies, de très fortes précipitations occasionnant des inondations récurrentes avec pour conséquence, la destruction des biens matériels et le déplacement des populations. La présente étude a pour objectif d'évaluer le niveau d'exposition des enjeux (activités économiques, habitats, infrastructures etc.) de la ville face à aléa inondation. Pour y parvenir, elle s'est appuyée sur la géomatique. Ainsi, un Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été conçu par interpolation (modèle Krigeage) des données altitudinales (courbes de niveau) en vue de déterminer les zones d'aléa. Une carte des enjeux a également été établie à partir du Mode d'Occupation du Sol (MOS). Les résultats ont révélé que les zones d'aléa inondation correspondent aux vallées et vallons de la ville. Ces derniers constituent des axes naturels de concentration et d'évacuation des eaux de ruissèlement, donc susceptibles de subir une inondation en cas de pluie diluvienne. Elles s'étendent sur 21 % des terres urbaines et traversent plusieurs quartiers de la ville. En outre, la confrontation de la carte des zones d'aléa inondation à celle des enjeux a révélé que 27 % des zones d'aléa inondation sont occupées par des populations et leurs activités. Ces zones à risques sont localisées dans les quartiers de Dafindougou et Cocody-ouest. Les autorités communales, pour éviter à la population des drames pendant les saisons de pluie, doivent améliorer le système d'assainissement et éviter que les populations s'installent dans les zones d'aléa.

Mots clés : MNT, SIG, Aléa, Enjeux, Risque

Assessment and prevention of the risk of flooding in the city of Tiassalé (south of Côte d'Ivoire)

Abstract

The town of Tiassalé, like some other towns in the south of Côte d'Ivoire, experiences very heavy rainfall during the rainy seasons, resulting in recurrent flooding, with consequent destruction of material assets and displacement of the population. The aim of this study is to assess the level of exposure of the city's economic activities, housing and infrastructure to flooding. To achieve this, it relies on geomatics. Thus, a Digital Terrain Model (DTM) was created by interpolation (Kriging model) of altitudinal data (contour lines) to determine hazard zones. A map of stakes was also made based on the MOS (Mode of land cover). The results revealed that the flood hazard zones correspond to the city's valleys. These are natural channels for the concentration and evacuation of run-off water, and are therefore susceptible to flooding in the event of heavy rain. They cover 21% of the city's land area, and run through several neighborhoods of the city. In addition, a comparison of the map of flood hazard zones with the map of stakes revealed that 27% of flood hazard zones are occupied by people and their activities. These at-risk zones are located in the Dafindougou and Cocody-oust neighborhoods. To avoid tragedies for the

population during the rainy seasons, local authorities need to improve the sanitation system and prevent people from settling in these hazard zones.

Key words: DTM, GIS, Hazard, Issues, Risk

Introduction

Les inondations urbaines constituent à l'échelle mondiale les événements naturels les plus répandus (A. KANGAH et D. ALLA, 2015). Selon J. RENTSCHLER et M. SALHAB (2020), 1,47 milliard de personnes, soit 19 % de la population mondiale sont directement exposés à des inondations supérieures à 0,15 mètre. Ce phénomène naturel touche pratiquement tous les pays et a un impact négatif sur le développement économique et social des villes et des populations. En 2011, les inondations représentaient un (01) désastre naturel sur deux (02) et ont causé 57,1 % du total de victimes des catastrophes naturelles dans le monde (D. GUHA-SAPIR et *al.* 2012).

Sur le continent Africain, des inondations dévastatrices signalées dans plusieurs pays (médias nationaux) ont entraîné de nombreuses victimes et causé des dégâts considérables. C'est le cas en Afrique de l'Ouest et centrale où des inondations dévastatrices ont touché cinq millions de personnes dans 19 pays, faisant des centaines de victimes (UNHCR, 2022). La Côte d'Ivoire, pays côtier Ouest Africain n'est pas non plus à l'abri de ces désastres liés au phénomène d'inondation. Dans ce pays, les inondations sont parmi les risques naturels les plus importants (A. KANGAH et D. ALLA, 2015). Soumises en effet à une forte pluviométrie, les villes ivoiriennes, en particulier celles du littoral font face fréquemment à des inondations pendant les saisons pluvieuses. Depuis 2009, dans la ville d'Abidjan particulièrement, treize personnes en moyenne perdent la vie chaque année pendant la saison des pluies à cause des inondations (OCHA, 2014). D'autres victimes ont également été enregistrées au cours de cette même période dans plusieurs villes au nombre desquelles, Tiassalé objet de la présente étude.

En effet, la ville de Tiassalé est soumise depuis quelques années à des inondations récurrentes et très désastreuses. En juin 2017, les inondations survenues dans la ville ont fait quatre morts. En 2018, plus précisément dans le mois de juin, quatre (4) quartiers de la ville ont connu des inondations qui ont occasionné selon l'ONG APPLOMD, 1 mort, 164 personnes sinistrées et 2 domiciles complètement détruits. La récurrence des inondations avec pour conséquence des pertes en vie humaine et des dégâts matériels, démontre qu'il existe dans la ville de Tiassalé, des zones à risque d'inondation qui constituent de véritables dangers pour la population et leur bien. Par ailleurs, la rapide croissance démographique que connaît la ville occasionne une occupation non contrôlée de l'espace urbain. A cet effet, S. KOUAKOU et D. ALLA (2021), font savoir que « la dynamique démographique à Tiassalé, associée à des populations de faible revenu mensuel, les contraint à occuper de façon anarchique les zones non aedificandi où foisonnent l'aléa érosion et inondation ».

Eu égard au danger que constituent les inondations et face à la colonisation des espaces non-constructible, il paraît nécessaire de se pencher sur ce phénomène récurrent dans cette ville. Dans une précédente étude menée dans cette ville, S. KOUAKOU et D. ALLA (2021) ont focalisé leur attention uniquement sur les facteurs physiques et anthropiques à l'origine des érosions et inondations. Or, l'identification des zones d'aléa inondation et l'évaluation du

niveau d'exposition des enjeux (activités économiques, habitats, infrastructures etc.) constituent des indicateurs très importants dans la prévention du risque inondation.

La présente étude se fixe comme objectif, d'évaluer le niveau d'exposition des enjeux face à l'aléa inondation dans la ville de Tiassalé. De façon spécifique, il s'agit d'abord d'identifier et les zones d'aléa inondation, ensuite de déterminer les niveaux d'enjeux. Enfin, d'évaluer les niveaux d'exposition des enjeux dans les zones d'aléa d'inondation en établissant les niveaux de risque d'inondation.

L'étude s'est articulée en plus de l'introduction autour de quatre points que sont : le cadre d'étude, la méthodologie, les résultats et la discussion.

1. Cadre d'étude

Située dans la région de l'Agneby-Tiassa, à 123 Km au nord d'Abidjan, la ville de Tiassalé s'étend sur une superficie d'environ 545 ha et est localisée entre les latitudes 5°53'10" et 5°53'15" Nord et les longitudes 4°49'20" et 4°50'30" Ouest (**Figure. 1**).

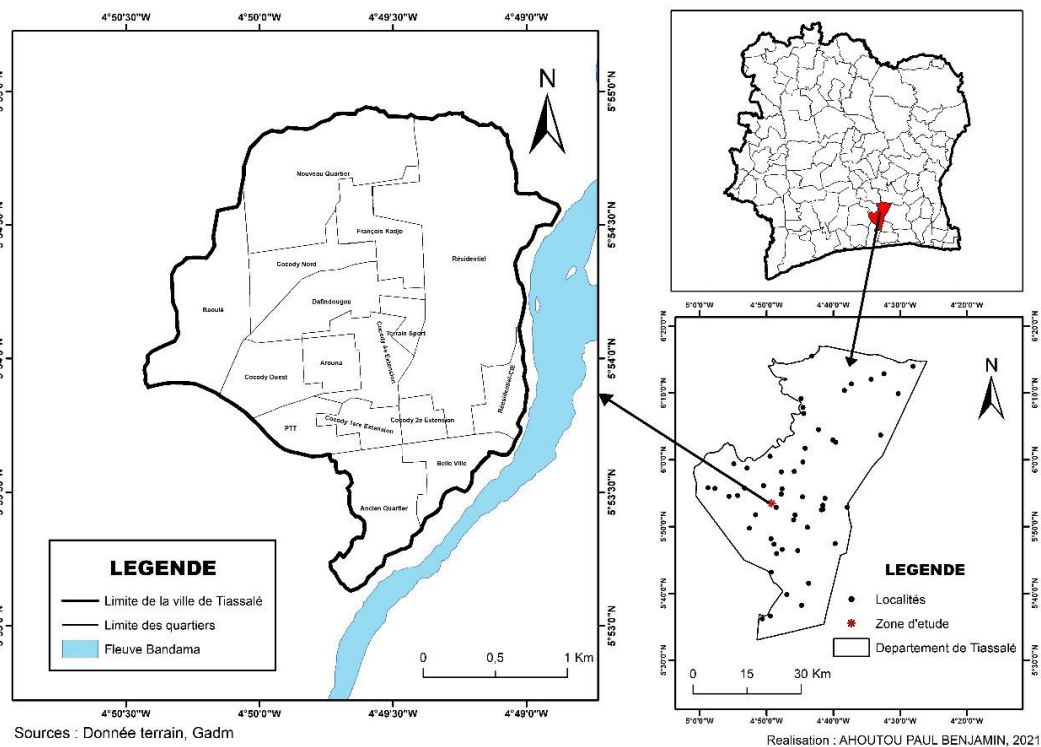


Figure 1 : Carte de localisation de la ville de Tiassalé

La ville bénéficie, comme dans toute la région, d'un climat de type subéquatorial caractérisé par une alternance de saisons de pluies (avril à juillet et octobre à novembre) et de saisons sèches (août à septembre et décembre à mars). Les précipitations moyennes annuelles s'élèvent à 160 mm dont les 2/3 sont précipités pendant la grande saison des pluies et la température moyenne annuelle est d'environ 26°C. La région est couverte d'une forêt dense humide sempervirente en cours de dégradation. Le relief est généralement plat avec des

élevations par endroit. Par ailleurs, elle est arrosée par le fleuve Bandama qui lui sert de frontière naturelle avec la ville voisine de N'douci.

Au plan sociodémographique, la ville compte une population de 40 000 habitants (RGPH, 2021) répartie entre 16 quartiers. La population, très cosmopolite, est composée d'autochtones Abbey, Baoulé, Abidji-Agny, Agny, Elomoin et Souamlin, auxquelles s'associent les allochtones Betés, Dioula et les allogènes burkinabés etc L'activité principale de population est l'agriculture et le commerce.

2. Approche méthodologique

2.1. RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Elle fut la première activité de la présente étude et a consisté à consulter les documents qui ont un lien avec le sujet traité et également avec l'espace d'étude. Elle s'est faite dans plusieurs bibliothèques, dont ceux de l'Institut de Géographie Tropical (IGT), de l'Université Félix Houphouët Boigny (UFHB), du CRAP, l'IRD et de la mairie de Tiassalé. Dans ces centres, divers documents (mémoires, revues scientifiques, thèses, coupures de presse) ont été consulté.

2.2. DONNEES DE L'ETUDE

Elles sont constituées de données topographiques, du Mode d'Occupation du Sol (MOS) ainsi qu'une donnée cartographique.

Les données topographiques sont constituées d'une couche numérique de courbes de niveau d'une équidistance de 2 m., Elles ont servi à l'élaboration du modèle numérique de terrain (MNT) facilitant l'identification des zones d'aléa inondation.

Le Mode d'Occupation du Sol (MOS) est une carte qui présente l'état des lieux de l'ensemble des surfaces bâties et non bâties, des différents types d'équipements et d'infrastructures de la ville de Tiassalé. Elle a été réalisée en 2021 par le Centre d'Information Géographique et Numérique (CIGN). Elle a servi à déterminer les niveaux enjeux.

Quant à la donnée cartographique, elle est constituée d'une carte qui présente les limites de la ville et le découpage par quartier. Elle a permis d'identifier les quartiers exposés aux aléas et aux risques d'inondation.

2.3. TRAITEMENT DES DONNEES

Pour atteindre ces objectifs, la présente étude a recours à la géomatique à travers le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) qui demeurent de puissants outils de traitements et d'analyse spatiales.

Les traitements effectués suivant ont été effectués.

2.3.1 Création du MNT

Le traitement des données a débuté avec la création du Modèle Numérique de Terrain (MNT). A cet effet, les courbes de niveau (équidistance de 2 m) ont d'abord été transformées en un ensemble de points. Ensuite, une interpolation des données d'élévation avec le modelé Krigeage a été effectuée pour faire ressortir les classes de surface topographique. Le MNT crée a permis de mieux connaître l'aspect du relief de la ville.

2.3.1. Détermination et extraction des zones d'aléa inondation

Il s'agit ici d'identifier les zones susceptibles d'être inondées en cas de pluie diluvienne. L'élément de base à cette identification est le relief de la ville qui a été mis en relief à partir du MNT. Naturellement, dans un relief, les zones de dépression (cuvettes ou vallées) servent de lieux d'accumulation ou de drainage des eaux de ruissellement. Elles constituent donc des zones d'aléa inondation car susceptibles d'être submergées à tout moment par les eaux de ruissellement en cas de pluie diluvienne. Mises en évidence par le MNT, ces zones ont d'abord été identifiées, circonscrites puis extraites par une digitalisation pour constituer une couche vectorielle des zones d'aléa inondation de la ville.

Selon la loi de A. STRAHLER (1952), la quantité d'eau qui s'écoule dans les vallées dépend de leur position dans le bassin-versant. Un drain d'ordre n draine moins d'eau qu'un drain d'ordre $n+1$. Sur cette base quatre niveaux d'aléa inondation allant de (Nul à élevé) ont été retenus. Ces zones ont par la suite été identifiées sur la couche vectorielle d'inondation, puis codées. Enfin une carte des zones d'aléa inondation a été produite.

2.3.3 Cartographie des niveaux d'enjeux

Les enjeux sont liés à la présence de l'homme et ses biens, des équipements, des infrastructures. Le niveau de dégâts sur les enjeux lors de la survenance d'une inondation est lié à leur degré de présence dans les zones d'aléa. Une catégorisation des enjeux a été définie en fonction de leur niveau de regroupement spatial. Quatre niveaux d'enjeux allant de nuls à élevés ont été identifiés. Ces niveaux d'enjeux ont fait l'objet d'une digitalisation à partir du MOS, puis codifiés. Une carte des niveaux enjeux a par la suite été produite.

2.3.4 Détermination des niveaux d'exposition des enjeux (zones à risque)

Le risque étant la résultante de la confrontation de l'aléa et des enjeux, la carte des zones d'aléa inondation a été croisée à celle des niveaux d'enjeux. La carte de synthèse a été ré-codifiée selon la matrice de pondération (tableau ci-dessous) pour produire la carte du niveau d'exposition des enjeux (carte du risque d'inondation).

Tableau I : Matrice de pondération du niveau d'exposition des enjeux

| Classes d'aléa | | Classes d'Enjeux | | | |
|----------------|---|------------------|--------|-------|-------|
| | | Nul | Faible | Moyen | Elevé |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Nul | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Faible | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Moyen | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| Elevé | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 |

3. Résultats et analyses

3.1. ANALYSE MORPHOLOGIQUE DU SITE URBAIN

La ville de Tiassalé s'étend sur un plateau disséqué par plusieurs vallées à fonds variables et d'orientations diverses (**Figure 2**). Ce relief est incliné du nord où se rencontrent les altitudes les plus élevées (en moyenne 87 m) vers le sud où les altitudes cumulent autour de 44 m.

Trois principales vallées découpent le relief de la ville en trois grands interfluves aux versants plus ou moins vigoureux avec des pentes qui atteignent par endroit 14 %. Le premier interfluve, le plus grand, localisé dans le Sud-est et fortement peuplé abrite le noyau urbain. Le second et le troisième, localisés respectivement dans le Nord et à l'Ouest de la ville sont moins peuplés et constituent des fronts d'urbanisation.

Une première vallée, plus grande et plus large avec une forme en « U », prend sa source au niveau du quartier Terrain sport, traverse plusieurs autres quartiers avant de se retrouver à la sortie sud de la ville. Une deuxième vallée qui prend sa source au niveau du Nouveau quartier, traverse les quartiers François Kodjo, Cocody-nord avant de rejoindre la grande vallée au niveau du quartier Dafindougou. Ce dernier bien qu'ayant un fond en « U », est moins large que la première. Par ailleurs, au point de confluence des deux vallées jusqu'à la sortie de la ville, le fond de la grande vallée devient plus large avec des versants convexes ou rectilignes. Enfin une troisième vallée, localisée à l'Est, qui prend sa source au Nord du quartier Résidentiel, traverse celui-ci sur environ 1 km avant de sortir de la ville du côté Est en direction du fleuve Bandama. Cette vallée a également une forme en « U » et présente un fond large mais pas comme la grande vallée.

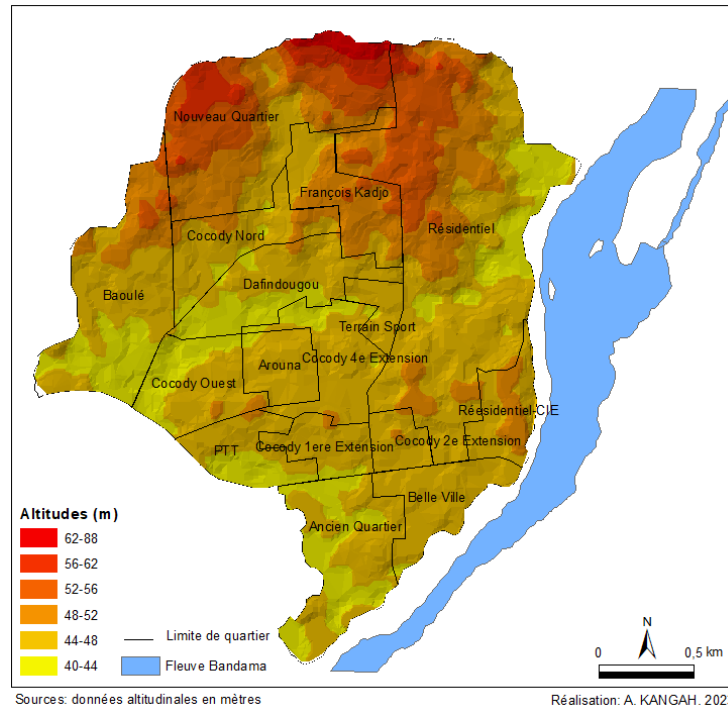


Figure 2 : la morphologie de la zone d'étude

3.2. ANALYSE DES SUSCEPTIBILITES A L'INONDATION

La carte des niveaux d'aléa inondation (**figure 3**) met en évidence les susceptibilités des différents espaces de la ville à l'inondation. Cependant la position de ces derniers dans le système de collecte et d'évacuation des eaux de ruissellement a permis de distinguer quatre niveaux de zones d'aléa (nul, faible, moyen et élevé).

3.2.1 Zones d'aléa nul

Dans ces zones, les risques d'une inondation sont quasiment nuls. Il s'agit principalement des sommets d'interfluves qui constituent des zones de ruissellement. Aucune zone de dépression (cuvette) qui pourrait retenir l'eau de ruissellement n'a été identifiée. Ces zones d'aléa nul couvrent 79 % de l'espace urbaine.

3.2.2 Les zones d'aléa faible

Elles concernent les têtes de vallées et des vallons et représentent environ 34 % des zones inondables et 6 % de l'espace urbain. L'aléa inondation dans ces zones est faible, car les têtes de vallées et les vallons jouent un rôle de collecteur et d'orientation des eaux de ruissellement vers des collecteurs plus grands. De ce fait, la quantité d'eau qui transite par ces axes n'est pas assez suffisante pour créer une inondation à moins qu'ils soient obstrués. Ces espaces se rencontrent dans les quartiers suivants : nouveau quartiers, François Kadjo, Dafindougou, Résidentiel et Ancien quartier.

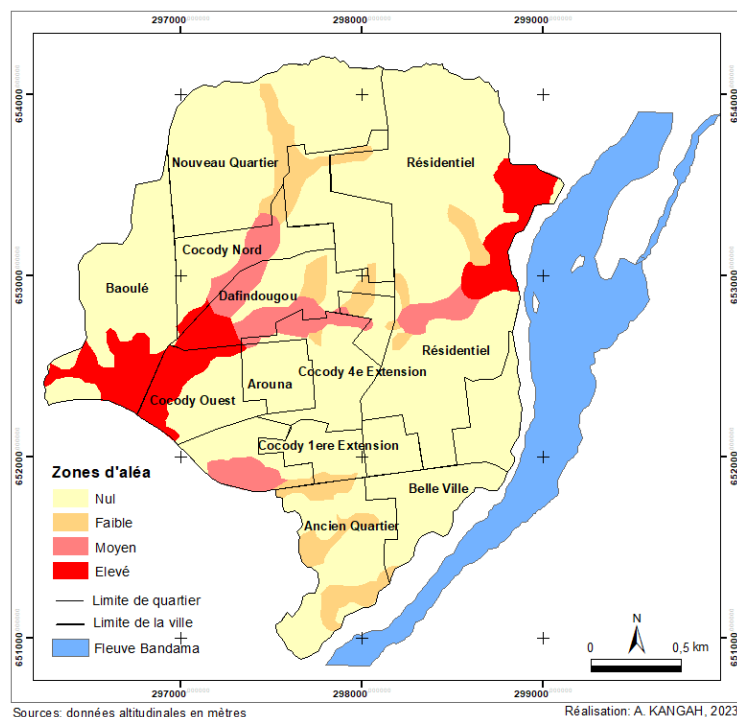


Figure 3 : Zones d'aléa inondation dans la ville de Tiassalé

3.2.3 Les zones d'aléa moyen

Elles sont représentées par les axes de collecte de niveau 2. Elles s'étendent sur 32 ha, soit 27 % des zones inondables et 5 % de la surface urbaine. Ces zones reçoivent les eaux de ruissellement provenant des têtes des vallées et des vallons. Les eaux circulent généralement

dans les fonds de vallées (talweg) dont l'étroitesse et la profondeur réduisent les risques d'une inondation. Cependant, les berges (lit majeur) ne sont pas épargnées d'une inondation en cas de pluie diluvienne. Ces espaces se rencontrent au niveau des quartiers PTT, Cocody nord, Dafindougou et Résidentiel

3.2.4 Les zones d'aléa élevé

Les zones d'aléa élevé correspondent aux espaces occupés par les axes de concentration de niveau 3. Elles s'étendent sur 44 ha, soit 39 % environ des zones susceptibles de subir une inondation et 7 % de l'étendue urbaine. Les eaux qui transitent par ces axes proviennent majoritairement des axes de concentration d'ordre 2 situés en amont et également de certains vallons qui y sont connectés directement. La quantité d'eau qui transite par ces axes est suffisamment importante pour envahir tous les fonds de vallées et les espaces environnants. Deux zones d'aléa élevé ont été identifiées et localisées. La première, située dans le Sud-ouest de la ville touche trois quartiers Baoulé, Cocody ouest et Dafindougou. La deuxième est localisée dans l'extrême nord-est, précisément dans le quartier Résidentiel.

3.3. ANALYSE DE LA CARTE DES ENJEUX

La carte des niveaux d'enjeux révèle les niveaux de concentration des habitations, des infrastructures et des équipements (**figure 4**). L'inégale répartition spatiale de la présence humaine (enjeux) permet de dégager différents niveaux d'enjeux au nombre de quatre.

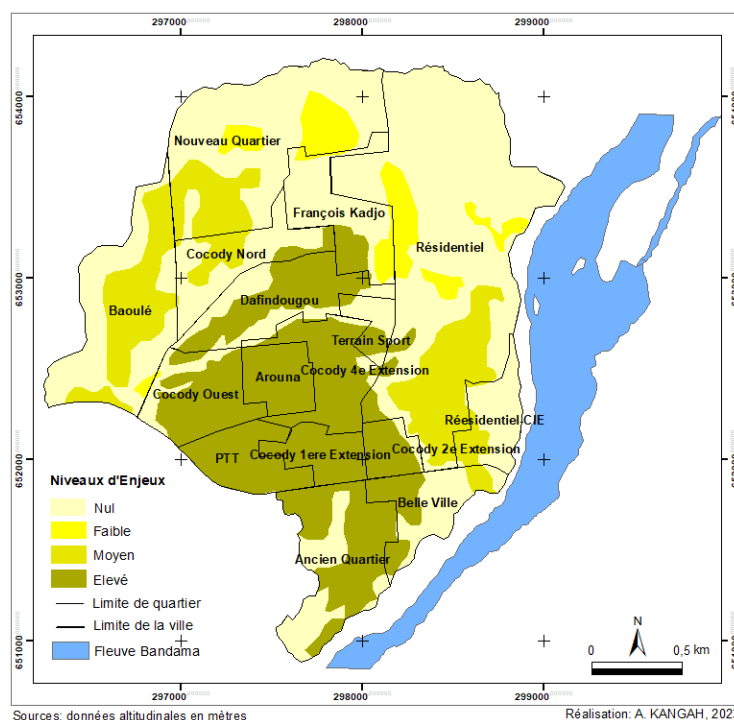


Figure 4 : Les niveaux d'enjeux dans la ville de Tiassalé

3.3.1 les zones à enjeux nuls

Dans ces zones, les installations humaines (maisons, infrastructures, équipements) sont quasiment absentes. Elles concernent des fonds de vallées et également les zones de lotissements récents. Ces zones se concentrent dans le Nord et à l'Est de la ville

3.3.2 les zones à enjeux faibles

Ces zones sont caractérisées par une forte dispersion de l'habitat. Elles s'étendent sur environ 25 ha, soit 4,5 % de la superficie urbaine. Il s'agit dans leur majorité de nouveaux quartiers situés sur les fronts d'urbanisation. Elles sont localisées dans le nord de la ville plus précisément au Nouveau quartier et Résidentiel.

3.3.3 les zones à enjeux moyens

Elles s'étendent sur 77 ha environ, soit 14 % de l'espace urbain. Dans ces zones, les constructions sont plus nombreuses et rapprochées les unes des autres que dans les zones à enjeux faibles. Elles correspondent à des anciens fronts d'urbanisation que sont les quartiers Cocody-nord, Baoulé, Nouveau quartier et les quartiers Résidentiels.

3.3.4 les zones à enjeux élevés à très élevés

Dans ces zones, l'habitat est très densifié. Elles s'étendent sur 136 ha, soit 28 % des terres urbaines. Elles forment deux blocs compacts séparés par une grande vallée, dont un dans le Sud et l'autre dans le centre urbain. Il s'agit précisément du noyau urbain et des premières extensions de la ville. Compte tenu de la densité du bâti, une inondation de ces zones serait très désastreuse. Les quartiers concernés sont : ancien quartier, Cocody 1^{ère}, 2^{ème} et 4^{ème} extension, Cocody ouest, Belle ville, Arouna, Terrain sport et Dafindougou).

3.4. NIVEAU D'EXPOSITION DES ENJEUX (CARTE DES ZONES A RISQUE D'INONDATION)

La figure 5, résultante de la confrontation de la carte de l'aléa et celle des enjeux, met en évidence les niveaux d'exposition des espaces (quartiers) de la ville de Tiassalé. En effet, sur les 115 ha que s'étendent les zones d'aléa inondation, 42 ha, soit environ 27 % sont occupés par des installations humaines (habitats, équipements et infrastructures). Ces espaces constituent des zones à risque d'inondation et représentent environ 8 % de l'espace urbain. Toutefois, les niveaux d'exposition au risque inondation varient selon la position de l'enjeu dans la zone d'aléa.

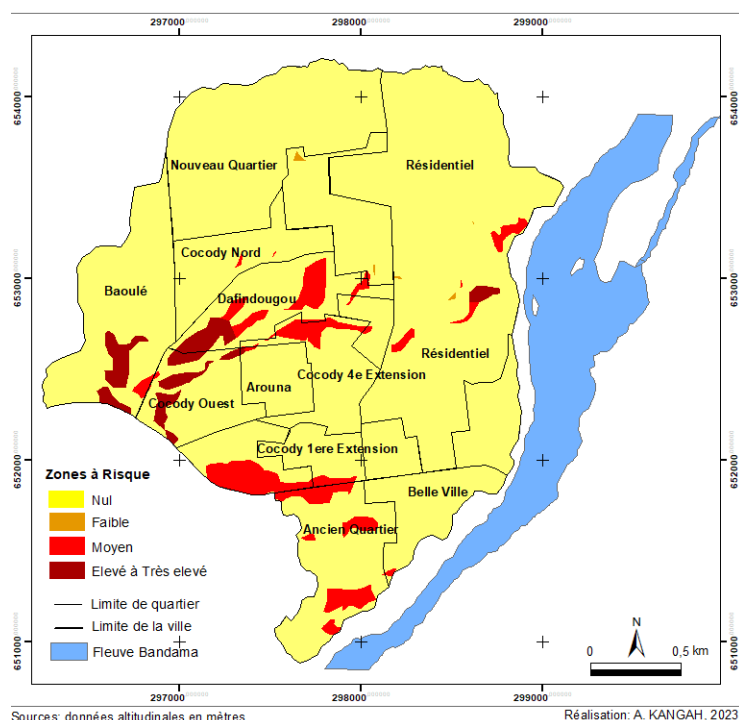


Figure 5 : Niveaux de risque d'inondation dans la ville de Tiassalé

3.4.1 les zones à risque nul

Ces zones concernent les zones d'aléa inondation qui n'abritent pas encore d'installations humaines. L'habitat, les équipements et infrastructures sont totalement absents. Elles s'étendent sur 72 ha, soit environ 63 % des terres inondables (**Figure 5**). Une inondation de ces zones ne causerait aucun dégât matériel ni de perte en vie humaine. Elles ne constituent donc pas de zones à risque d'inondation.

3.4.2 les zones à risque faible

Ces zones sont très faiblement présentes. Elles représentent moins de 1 % des zones inondables. Il s'agit pour la plupart, des habitations dont les extensions se retrouvent dans les bas versants des vallées ou des vallons. Les conséquences prévisibles d'une inondation dans ces espaces seraient minimales. Très peu de quartiers sont concernés. Il s'agit des quartiers Résidentiel, Cocody-nord, Arouna et Nouveau quartier.

3.4.3 les zones à risque moyen

Elles s'étendent sur environ 29 ha, soit 25 % des terres inondables et 5 % de l'espace urbain. Ce niveau de risque concerne les zones où les installations humaines sont érigées dans les bas-fonds des vallées. Une inondation de ces zones causerait des dommages importants à cause du volume de population. Il s'observe dans les quartiers PTT, Anciens quartier, Dafindougou, Cocody 4eme extension et Résidentiel.

3.4.4 les zones à risque élevé

Les zones à risque d'inondation élevé s'étendent environ sur 14 ha, soit 12 % des surfaces inondables et 3 % des terres urbaines. Il s'agit des terres inondables qui se situent à la confluence de la grande vallée et de la vallée qui prend sa source dans le Nouveau quartier. Elles ont la particularité d'avoir un fond plat et large, et d'avoir été colonisées par des habitations si bien qu'une inondation de ces terres causerait beaucoup de dommages. Ces zones à risques se retrouvent d'une part, à l'Est de la ville dans les quartiers Baoulé, Cocody-ouest et Dafindougou et d'autre part, au Nord-Est dans le quartier Résidentiel. Sur la photo 1 ci-dessous, une rue inondée dans le quartier Dafindougou



Source : AHOUTOU, 2021

Photo 1 : Rue inondée dans le quartier Dafindougou

3.5 PREVENTION DU RISQUE INONDATION

Pour la prévention du risque, une carte des zones inondables de la ville a été élaborée (**figure 6**). Elle met exclusivement en évidence les espaces de la ville qui sont susceptibles d'être submergés par les eaux de ruissellement en cas de pluie diluvienne. Ces espaces s'étendent sur environ 115 ha, soit environ 21 % de la superficie totale de la ville. Il s'agit principalement des fonds de vallées et des vallons qui constituent des collecteurs naturels des eaux de ruissellement. Ces zones doivent faire l'objet d'une surveillance particulière. Aussi, la carte des zones inondables doit être intégrée dans le schéma d'aménagement de la ville et faire l'objet d'une campagne de sensibilisation afin d'éviter que ces zones ne soient colonisées par l'habitats. Des mesurent doivent également être prises afin de s'assurer du bon fonctionnent de ces espaces qui constituent des passages naturels des eaux de pluie.

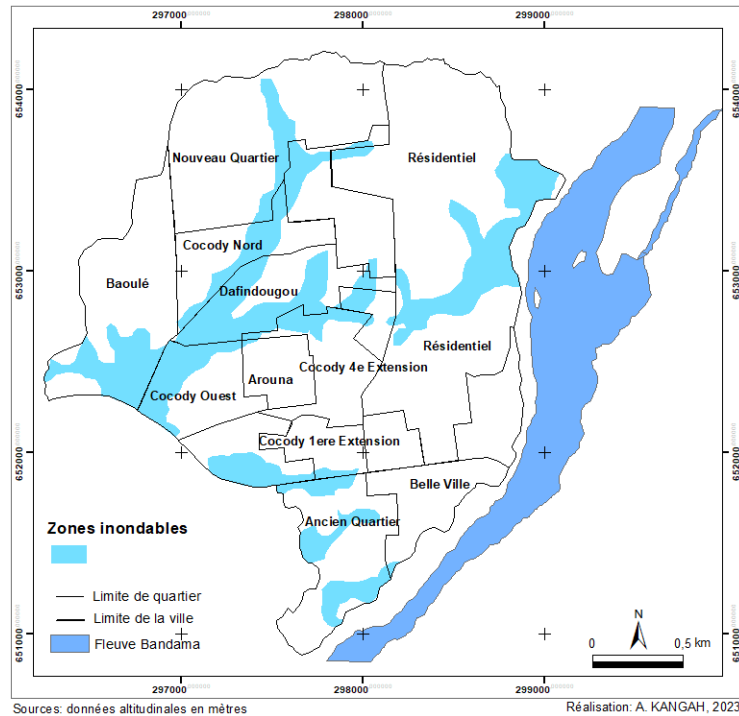


Figure 6 : Zones inondables dans la ville de Tiassalé

4. Discussion

La présente étude, pour atteindre ses objectifs, s'est appuyée sur les outils de la géomatique que sont le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Les données altitudinales (courbes de niveau) et celles contenues dans le MOS (habitats, équipements et infrastructures) ont été essentielles dans l'aboutissement de l'étude.

En effet, l'interpolation des données altitudinales a conduit à la mise en place du MNT en utilisant comme modèle d'interpolation « le kigeage ». La fiabilité et la précision de ce modèle ont été démontrées par les auteurs D. ALLA (2013), A. KANGAH et D. ALLA (2015) au cours des études portant la détermination des zones à risque respectivement dans la ville de Grand-bassam et dans le quartier de Bonoumin-Palmeraie dans la commune de Cocody. Ces auteurs, après avoir testé plusieurs modèles d'interpolation ont conclu que le « kigeage » donnait les meilleurs résultats. En outre, K. KOUASSI *et al* (2021), B. KOUADIO *et al* (2007) ont également utilisé le MNT pour l'évaluation et la prévention du risque dans la commune d'Abobo ainsi que l'étude des risques d'érosion hydrique des sols dans la région semi-montagneuse de Man.

Les résultats obtenus par ces différents auteurs attestent que le MNT s'avère être le modèle le plus approprié dans les études portant sur l'analyse morphologique du relief et la cartographie des zones inondables. Ces résultats ont été confirmés par la présente étude dans la mesure où le MNT a largement facilité l'identification et la cartographie des terres susceptibles de subir une inondation en cas de pluie diluvienne. Cependant, cette approche est différente de celles basées sur la modélisation, utilisées pour la détermination des zones

inondables par débordement des cours d'eau (plaines fluviales ou alluviales, etc...) et faisant appel à d'autres types de données (hydrologiques ou hydrogéomorphologiques) (J.L BALLAIS *et al.*, 2011).

Par ailleurs, le risque étant la confrontation de l'aléa et des enjeux, le croisement de la carte d'aléa inondation et celle des enjeux (habitations, équipements et infrastructures) a été essentiel pour l'évaluation des biens matériels et humains susceptibles d'être submergés par les eaux de ruissellement. La carte résultante de ce croisement a été possible grâce au Système d'Information Géographique (SIG) qui se présente non seulement comme un outil d'analyses spatiales, mais également de synthèse des données. M. ROBIN (2002), fait savoir à ce sujet que « l'utilisation des outils de la géomatique devient rapidement nécessaire pour l'appréhension globale du risque vu sous l'angle spatial (localisation de la zone à risque) ».

La carte des zones d'aléa inondation a révélé que ces zones correspondent aux espaces occupés par les vallées et vallons. Celles-ci, occupant les points les plus bas de la topographie, constituent en temps de pluie, des axes naturels de collecte, de concentration et d'évacuation des eaux de ruissellement. Plus de 21 % de l'espace urbain de Tiassalé est dédié au drainage des eaux de pluie. Ces zones de passage naturel des eaux de ruissellement traversent plusieurs quartiers et sont susceptibles d'être submergées en cas de pluie diluvienne. Ils constituent normalement des espaces non à aedificandi, c'est-à-dire des espaces où il ne doit pas y avoir de construction.

Cependant, la carte de synthèse issue du croisement de la carte d'aléa et des enjeux, confirmée par les observations du terrain a révélé que des zones d'aléa inondation sont occupées par des biens matériels et humains. Ces résultats corroborent avec ceux de S. KOUAKOU et D. ALLA (2001) qui lors d'une étude sur les facteurs de survenance des risques naturels dans la ville de Tiassalé ont indiqué que certains quartiers dans leur expansion empiètent sur les espaces réservés à l'écoulement des rivières et ruisseaux qui drainent la ville. L'effectivité de l'existence des zones à risque d'inondation dans la ville de Tiassalé est donc avérée. Ces zones, qui ne sont pas à négliger, s'étendent sur 27 % environ des surfaces inondables avec des niveaux de risques variables. Les zones où les risques d'inondation causeraient des dommages importants s'étendent sur 12 % des surfaces inondables. Elles ont la particularité d'avoir une forme en auge avec un fond plat et très large. Une inondation de ces zones serait en partie imputable au réseau de drainage des eaux de pluies qui est mal répartie et non adapté à l'évolution de la ville.

Conclusion

La présente étude s'était fixée comme objectifs, d'identifier et de cartographier les zones susceptibles de subir une inondation en cas de pluie diluvienne et d'évaluer les biens (habitations, équipements, infrastructures) exposés (zones à risque d'inondation).

Les données altimétriques (courbes de niveau) et celles contenues dans le MOS (enjeux) ainsi que la géomatique (MNT et SIG), ont été d'un apport appréciable dans l'aboutissement de la présente étude. En effet, la construction du MNT à partir des courbes de niveau a permis de mettre en évidence la topographie de la ville conduisant à l'identification, la localisation et la cartographie des zones d'aléa inondation. Aussi, le croisement de la carte d'aléa inondation

avec celle des enjeux a conduit également à la localisation ainsi qu'à la cartographie des zones à risque d'inondation dans la ville de Tiassalé.

L'analyse de la carte d'aléa inondation a révélé que les zones susceptibles d'être inondées en cas de forte pluie s'étendent sur environ 115 ha, soit plus de 21 % de la superficie totale de la ville. Ces zones d'aléa inondation ne sont autre que les vallées et vallons qui traversent la ville. Elles servent d'axes naturels de concentration et de conduite des eaux de ruissellement de la ville. Ces zones sont en principes non constructibles, cependant le croisement de la carte d'aléa inondation et celle des enjeux a révélé que certains endroits des zones susceptibles d'être inondées sont occupés par l'homme et ses activités. Ces zones occupées représentent 27 % des zones inondables et ont la particularité d'avoir un fond plat et très large. Les quartiers concernés sont Cocody-ouest et Dafindougou. Une inondation de ces zones causerait beaucoup de dommages aux populations vivant sur ces sites à cause de l'importance des enjeux.

À titre préventif, les autorités compétentes devraient d'une part, procéder au déguerpissement des populations installées dans les zones à risque et d'autre part, procéder comme le fait savoir H.J. SCARWELL et R. LAGANIER (2004), à la sensibilisation des habitants pour qu'ils intègrent l'aléa inondation dans leur mode d'habiter l'espace. Cela permettrait à la ville de Tiassalé de réduire les dommages en cas de survenance d'une pluie diluvienne pendant la saison de pluie.

Références bibliographiques

ALLA Della. André. (2013) - *Cartographie des zones à risques d'inondation, d'érosion et de mouvement de terrain dans la ville d'Abidjan*, PNUD, MESUDD, 37 p.

BALLAIS Jean-Louis, CHAVE Sylvain, DUPONT Nadia, MASSON Eric et PENVEN Marie Josée, 2011, *la méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables*. PHYSIO-GÉO. Collection "Ouvrages", 168 p.

GUHA-SAPIR Debby, VOS Femke, BELOW Regina, PONSERRE Sylvain, 2011, *Annual disaster statistical review 2011: The number and trends*. CRED. U.C.L. Brussels. 52 p.

SCARWELL Helga-Jane et LAGANIER Richard, 2004, *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires*, Presse Universitaire du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, Collection : Environnement et société 240 p.

KANGAH Armand et ALLA Della André, 2015, « 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) », In *Geo-Eco-Trop*, Vol. 39 N°2, p.297-308

KOUADIO Boyossoro Hélène, KOUAME Koffi Fernand, SALEY Bachir Mahaman, BIEMI Jean, IBRAHIM Traoré, 2007, « Insécurité climatique et géorisques en Côte d'Ivoire : étude du risque d'érosion hydrique des sols dans la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte

d'Ivoire) », In *Revue Sécheresse* vol. 18, n° 1, p. 29 - 37

KOUAKOU Seausoliait Eusèbe, ALLA Della André, 2021, « Les facteurs d'aléas d'inondation et d'érosion dans les petites localités ivoiriennes : cas des villes de Tiassalé et N'douci (Sud de la Côte d'Ivoire) », In *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, N° 10 p. 78-97

KOUASSI Kan Desiré, KOUADIO Boyossoro Hélène, ALLA Della André, SALEY Mahaman Bachir et DIABY Hamed Aly, 2021, « Apport de la géomatique et de l'analyse multicritère pour l'évaluation et la prévention du risque dans la commune d'Abobo (Abidjan, Côte d'Ivoire) », In *Revue canadienne de géographie tropicale* Vol. 8 N°1. p. 31-37

OCHA, 2014, *Côte d'Ivoire : Zones à risques d'inondations et de choléra* Poster, 1p.

ONG APLOMD, 2018, *Rapport des dégâts causés par la pluie 19 Juin 2018*, 33p.

RENTSCHLER Jun et SALHAB Melda, 2020, *People in Harm's Way: Flood Exposure and poverty in 189 Countries*, Policy Research Working Paper, N° 9447, World Bank, Washinhgton, DC. 26 p.

ROBIN Marc, 2002, « Étude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique », In *Annales de Géographie (Paris)*, Vol. 111 N° 627-628, pp. 471-502

STRAHLER, Arthur, 1952, «Quantitative analysis of watershed geomorphology», In *Transactions of the American Geophysical Union*, N°8, Vol. 6, pp. 913-920.