

Croissance Urbaine Et Risques D'inondation : Cas de la ville de Bouaké

URBAN GROWTH AND FLOOD RISK: Case of the city of Bouaké

Armand KANGAH

Maître de Conférences

Institut de Géographie Tropicale (IGT)

Laboratoire d'Etude des Milieux Naturels Anthropisés (LAMINAT)

Université Félix Houphouët-Boigny- Côte d'Ivoire

RESUME

Bâti sur un relief de plateau fortement disséqué par plusieurs vallées et terrasses alluviales, Bouaké, la deuxième ville ivoirienne connaît depuis l'époque coloniale une forte croissance démographique qui a occasionné une extension rapide et incontrôlée de la ville exposant la population à des risques.

La présente étude s'inscrit dans un contexte de prévention du risque eu égard à la récurrence des inondations qui frappe les villes ivoiriennes pendant les saisons pluvieuses. Il s'est donc agi, au moyen des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et du Modèle Numérique de Terrain (MNT), de retracer l'évolution spatiale de la ville de Bouaké depuis l'époque coloniale jusqu'à nos jours et d'évaluer les niveaux d'expositions de la population face à une éventuelle inondation.

L'analyse des différentes cartes des taches urbaines réalisées par interprétation de plusieurs images satellitaires ont révélé que la ville a connu trois phases dans sa croissance spatiale. De l'époque coloniale jusqu'en 2002, date de la survenue de la crise militaro-politique, la ville a connu une rapide extension suite à une forte croissance démographique. Ensuite de 2002 à 2012, la croissance spatiale de la ville a été très lente à cause de la crise militaro-politique qui a contraint certaines populations à quitter la ville et occasionné également un désordre dans l'occupation de l'espace. Enfin, de 2012 à nos jours est marquée par une reprise de l'extension de la ville suite à la paix retrouvée et du retour des populations.

Par ailleurs, le croisement de la carte d'aléa issue du MNT et celle des enjeux (bâti), obtenue par interprétation des images satellites, a révélé qu'il existe des habitations dans les zones inondables. Certaines populations de la ville de Bouaké sont donc exposées à des risques d'inondation. Aussi, sur les fronts d'urbanisation, il existe des grandes zones dont les susceptibilités à l'inondation sont très élevées. Les autorités de la ville doivent prendre des dispositions afin que d'une part, les populations installées dans les zones à risque soient déguerpies et d'autre part, veiller à ce que les zones à très forte susceptibilité à l'inondation situées sur les fronts d'urbanisation ne soient pas colonisées par l'habitat.

Mots clés : taches urbaines, croissance démographique et spatiale, MNT, aléa, enjeux, risque, inondation

ABSTRACT

Built on a relief of plateau strongly dissected by several valleys and alluvial terraces, Bouaké, the second Ivorian city has known since colonial times a strong demographic growth which has caused a rapid and uncontrolled extension of the city exposing the population to risks.

This study is part of a context of risk prevention with regard to the recurrence of floods that strikes Ivorian cities during the rainy seasons. It was therefore a question, by means of Geographic Information Systems (GIS) and the Digital Terrain Model (DTM), of tracing the spatial evolution of the city of Bouaké from colonial times to the present day and to assess the levels of exposure of the population in the face of a possible flood.

The analysis of the different maps of urban spots made by interpreting several satellite images revealed that the city has experienced three phases in its spatial growth. From the colonial era until 2002, the date of the onset of the military-political crisis, the city experienced rapid expansion following strong demographic growth. Then from 2002 to 2012, the spatial growth of the city was very slow because of the military-political crisis which forced some populations to leave the city and also caused a disorder in the occupation of space. Finally, from 2012 to the present day is marked by a resumption of the extension of the city following the rediscovered peace and the return of the populations.

In addition, the crossing of the hazard map from the DTM and that of the stakes (buildings), obtained by interpretation of the satellite images, revealed that there are dwellings in the flood-prone areas. Some populations of the city of Bouaké are therefore exposed to the risk of flooding. Also, on the fronts of

urbanization, there are large areas whose susceptibility to flooding is very high. The city authorities must take measures so that, on the one hand, the populations settled in the zones at risk are cleared out and, on the other hand, ensure that the zones with very high susceptibility to flooding located on the fronts of urbanization are not colonized by habitat.

Keywords: *urban spots, demographic and spatial growth, MNT, hazard, issues, risk, flooding*

Date of Submission: 02-11-2022

Date of Acceptance: 12-11-2022

I. INTRODUCTION

La croissance urbaine est l'une des thématiques majeures qui se trouvent au cœur des préoccupations mondiales en matière d'aménagement du territoire. En effet, la population des villes connaît une croissance très rapide. De 30 % en 1950, la population mondiale urbaine est passée à 54 % en 2014, soit 3,9 milliards de citadins (Nation Unies, 2014). Selon les projections des experts, elle pourrait encore s'accroître de 2,5 milliards d'ici 2050.

Pendant qu'elle est fortement ralentie dans les pays développés, elle se trouve très élevée dans les pays en développement notamment ceux d'Afrique. Restées en effet longtemps moins urbanisées dans les années 50, les villes africaines connaissent une croissance rapide et s'agrandissent de façon spectaculaire (Manirakiza, 2015). De 40 %, en 2018, la part de citadins selon les projections des Nations Unies, devrait atteindre 59 %, soit 1,2 milliards d'ici le milieu du siècle.

Cette rapide croissance urbaine constitue un défi majeur en matière d'aménagement pour les dirigeants africains. En effet, contrairement aux villes des pays développés qui bénéficient d'une planification spatiale et des aménagements de qualité, celles des pays africains se développent le plus souvent sans bénéficier de politiques de planification ou d'investissements à la hauteur des enjeux (OCDE/CSAO, 2020) et aucun pays n'est épargné, au nombre desquels la Côte d'Ivoire.

Située en Afrique de l'Ouest, la Côte d'Ivoire se classe parmi les pays côtiers africains, à forte croissance urbaine. De 331 000 en 1955, le nombre de citadins est passé à 11 408 413 selon le dernier recensement de la population (RGPH, 2014). Actuellement un Ivoirien sur deux réside dans un centre urbain. Cette urbanisation rapide des villes ivoiriennes s'accompagne malheureusement de nombreux problèmes environnementaux et sociaux. En effet, les faibles capacités économiques et les difficultés de gestion de cette concentration urbaine, se traduisent par une « urbanisation subite et mal contrôlée ». Les infrastructures indispensables au développement économique, à la protection de l'environnement et à la qualité de vie des citadins, font défaut (Banque mondiale, 2016). Les villes s'agrandissent le plus souvent en absence de schéma d'urbanisme ou sont en déphasage avec ceux en place. Cette situation fait apparaître dans le paysage urbain un désordre matérialisé par une occupation anarchique de l'espace au nombre desquels d'habitats précaires et l'occupation des espaces non constructibles. Ces espaces qui servent naturellement de passage aux eaux de ruissellement sont parfois occupés par des populations. Lorsque survient les pluies diluviennes, ils se trouvent inondés entraînant les déplacements des populations de ces zones et des pertes en vie humaine. Plusieurs villes ivoiriennes (Abidjan, Grand-Bassam, Aboisso etc...) sont confrontées de façon récurrente à ce phénomène pendant les saisons pluvieuses. Aussi, chaque année le nombre de villes touchées par les inondations augmente et souvent des villes auxquelles on n'y pense pas, le sont également. Pour mieux faire face à ce phénomène, la prévention s'avère être indispensable. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui est centrée sur Bouaké, la deuxième ville ivoirienne

En effet, Bouaké demeure la deuxième ville ivoirienne la plus peuplée après celle d'Abidjan. Important carrefour commercial et grand foyer d'immigration, sa population est soumise depuis les indépendances à une évolution croissante. De 60 000 à l'indépendance, sa population est passée à 322 999 en 1998 avec un taux de croissance supérieur à 5 %. Aujourd'hui, le nombre de citadins a atteint un volume de 542 082 (RGPH, 2014), soit plus d'un demi-million de personnes.

Par ailleurs, constitué d'un petit noyau urbain pendant la période coloniale, la ville de Bouaké connaît de nos jours une multiplication des lotissements avec l'intégration de nombreux villages périphériques et la naissance des quartiers spontanés dans le tissu urbain. Une question se pose : **quel est le niveau d'extension actuelle de la ville et comment a-t-elle évolué de l'époque coloniale à nos jours face à cette extraordinaire croissance démographique ?**

Selon Soro *et al.*, (2019), l'habitat occupe toutes les positions de la topographie y compris les pentes fortes et les bas-fonds inondables considérés comme des secteurs à risques. Le constat de cet auteur soulève une interrogation : **la croissance rapide et non contrôlée de la ville exposerait-t-elle la population à des risques naturels ?**

La présente étude s'inscrit dans une politique d'aménagement du territoire et de gestion durable de la ville. Elle se fixe comme objectif, d'évaluer les niveaux d'exposition de la population de la ville à une

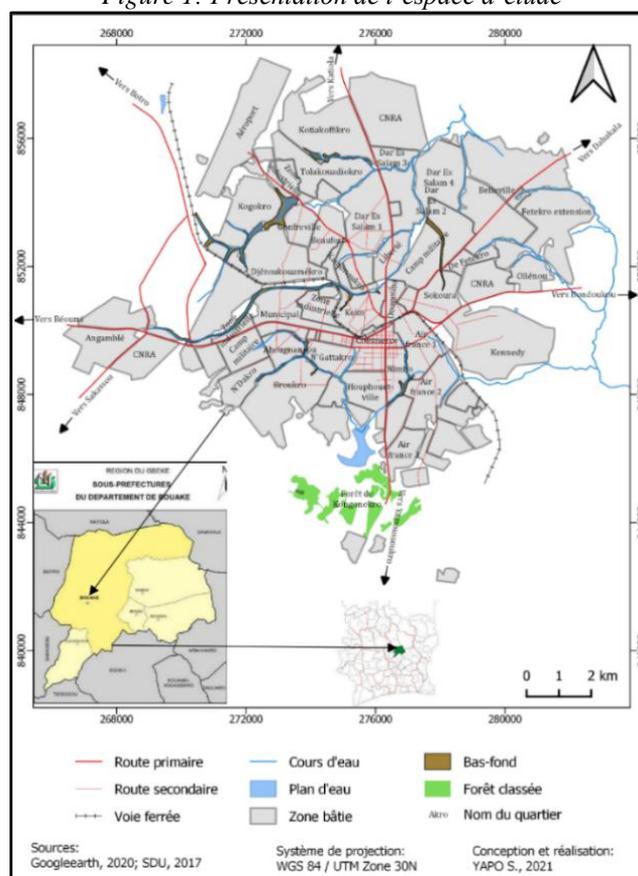
éventuelle inondation. De façon spécifique il s'agit à travers une cartographie, de retracer l'évolution spatiale de la ville depuis l'époque coloniale jusqu'à nos jours, ensuite déterminer également à travers une cartographie, les zones d'aléa et de risques d'inondation.

Pour y parvenir, elle a fait appel aux technologies géo- spatiales (télédétection, SIG, MNT ...) qui se présentent de nos jours comme de véritables outils de diagnostic, de suivi et d'analyse spatiales.

I. LE CADRE D'ETUDE

Située au centre de la Côte d'Ivoire, la ville de Bouaké est comprise entre les longitudes 5°05'08.50" et 4°58'19.84" Ouest et les latitudes 7°39'03.44" et 7°58'19.84" Nord (figure 1).

Figure 1: Présentation de l'espace d'étude



La ville s'étend sur une superficie d'environ 13 000ha et est limitée au nord par la ville de Katiola, au sud par celle de Djébonoua, à l'ouest par les villes de Béoumi et Sakassou, et à l'est par celle de Brobo.

Au plan physique, elle se développe sur un plateau disséqué par un réseau hydrographique secondaire formé de marigots à écoulement périodique. La ville bénéficie d'un climat subéquatorial de transition dit « baouléen » caractérisé par quatre saisons avec une pluviosité moyenne de 1200 mm/an. La température moyenne oscille autour de 26°C. Deux types de sols (ferrugineux de savane et ferralitique de forêt) se partagent la pédologie de la ville.

Au plan socio-démographique et économique, la population de la ville de Bouaké est constituée d'autochtones baoulés, d'allochtones (dioula, agni, bété...) et d'Africains émigrés (Guinée, Mali, Burkina Faso, Niger, Sénégal...). Sa position géographique, fait d'elle un carrefour commercial et de lieu de transit de marchandises et de personnes. Plusieurs activités (commerce, transport, agriculture...) sont pratiquées par la population avec une part très importante d'immigrés.

II. APPROCHE METHODOLOGIQUE

II.1 Données de l'étude

II.1.1 Données démographiques

Il s'agit des effectifs de la population de la ville de Bouaké. Ils sont extraits des recensements de la population (1965, 1975, 1988, 1998 et 2014) et se présentent sous forme de tableaux statistiques numériques. Ces données ont été obtenues auprès de l'Institut National de la Statistique (INS).

II.1.2 Données d'occupation du sol

Elles sont constituées de cinq images satellitaires et de deux cartes de la tache urbaine de la ville de Bouaké. Les images satellitaires datent de 1990, 2000, 2010 et 2020 et ont une résolution 2,5 m chacune. Elles sont disponibles gratuitement sur la plateforme de cartographie en ligne de GoogleEarth et ont servi de support pour la cartographie des taches urbaines.

Concernant les 2 cartes de la tache urbaine de la ville, elles sont au format analogique et datent de 1952 et 1977. Elles ont été acquises auprès de l'Institut de Géographie Tropicale (IGT).

II.1.3 Données topographiques

Elles sont composées d'une carte topographique et d'un fichier numérique de courbes de niveau de la ville. Etablie par le BNETD à l'échelle 1/50.000^e, la carte topographique a servi à la reconnaissance des formes du relief ainsi qu'aux travaux de terrain. Quant aux courbes de niveau, elles sont au format numérique avec une équidistance de 2 m. Fournies par le BNETD, elles ont servi à l'élaboration du modèle numérique de terrain (MNT).

II.2 Traitement des données

II.2.1 Cartographie des taches urbaine

D'abord, les deux cartes décrivant la tache urbaine en 1952 et 1977 ont été scannées, géoréférencées puis projetées dans le même système de coordonnées que les images satellitaires (WGS 84/UTM Zone 30N). Elles ont ensuite été numérisées directement à l'écran avec des outils de digitalisation du logiciel Arc/Map.

Par ailleurs, se servant des images satellites comme support cartographique, les contours des espaces bâtis, et autres éléments résiduels de l'occupation du sol (végétation, bas-fonds, réseau hydrographique) ont été digitalisés sur chaque image avec l'application GoogleEarth.

Une base de données cartographique a par la suite été constituée avec les résultats de numérisation des taches urbaines (1952, 1977, 1990, 2000, 2010 et 2020) avec le logiciel Arc/Map.

II.2.2 Cartographie des facteurs d'aléa et de vulnérabilité

L'aléa et la vulnérabilité sont deux composantes du risque. L'inondation dont il est question dans la présente étude est celle occasionnée par les eaux de ruissellement de pluie. La densité du drainage et celle des enjeux ont respectivement été considérées comme facteurs d'aléa et de vulnérabilité.

II.2.2.1 – Cartographie des zones d'aléas inondables

Les fonds des vallées et les terrasses alluviales constituent des axes de concentration et d'évacuation des eaux pluviales. Par conséquent, ils constituent des zones d'aléas inondation, car susceptibles d'être inondées en cas de fortes pluies. Pour mettre en évidence ces zones d'aléas, une surface topographique (MNT) a été créée par interpolation (Krigage) à partir des courbes de niveau transformées en données ponctuelles d'altitude.

Selon Kangah *et al.*, (2015), les susceptibilités d'une inondation sont fonction de l'importance des drains dans le bassin-versant. Partant de cela, les fonds des vallées et vallons qui constituent les différents drains et mis en évidence par le MNT ont été extraits par digitalisation. Quatre niveaux d'aléas (de nul à élevé) ont été définis.

II.2.2.2 - Cartographie des niveaux d'enjeux

Les enjeux sont liés à la présence de l'homme, de ses biens, des équipements, infrastructures et autres réalisations humaines. Il s'est agi de dresser une carte selon la densité du bâti. A partir donc de l'image satellite de 2020 de la ville de Bouaké disponible gratuitement sur la plateforme de cartographie en ligne de GoogleEarth, l'espace de la ville a été subdivisé et numérisé suivant la concentration du bâti. Quatre niveaux d'enjeux (de nul à élevé) ont également été définis.

II.2.3 Cartographie des zones à risque d'inondation

Le risque est la résultante de la confrontation de l'aléa et des enjeux. Ainsi, la carte des zones d'aléa et celle des niveaux d'enjeux ont été croisées. La carte de synthèse issue de ce croisement a permis de dégager quatre niveaux de risque, allant de nul à élevé, au niveau de la ville.

II.2.3 Opérations statistiques

Elles ont concerné d'une part, les données démographiques et d'autres parts, celles issues des taches urbaines. Elles ont permis de caractériser l'évolution de la population et celle de la tache urbaine. Les formules ci-dessous ont été utilisées.

$$Tx = \left[\frac{(Sp2 - Sp1)}{Sp1} \right] \times 100$$

$$Tx_{ma} = \left[\left(\frac{Sp2}{Sp1} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100$$

avec :

Tx : taux d'expansion global des superficies

Tx_{ma} : taux d'expansion moyen annuel

SP1 : superficie en année N

SP2 : superficie en année N+

t : différence d'année

$$Tx = \left[\frac{(Pn - P0)}{P0} \right] \times 100$$

$$Tx_{ma} = \left[\left(\frac{Pn}{P0} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100$$

avec :

Tx : taux d'évolution global de la population,

Tx_{ma} : taux d'évolution moyen annuel

P0 : population en année N

Pn : population en année N+

t : différence d'année

III. RESULTATS

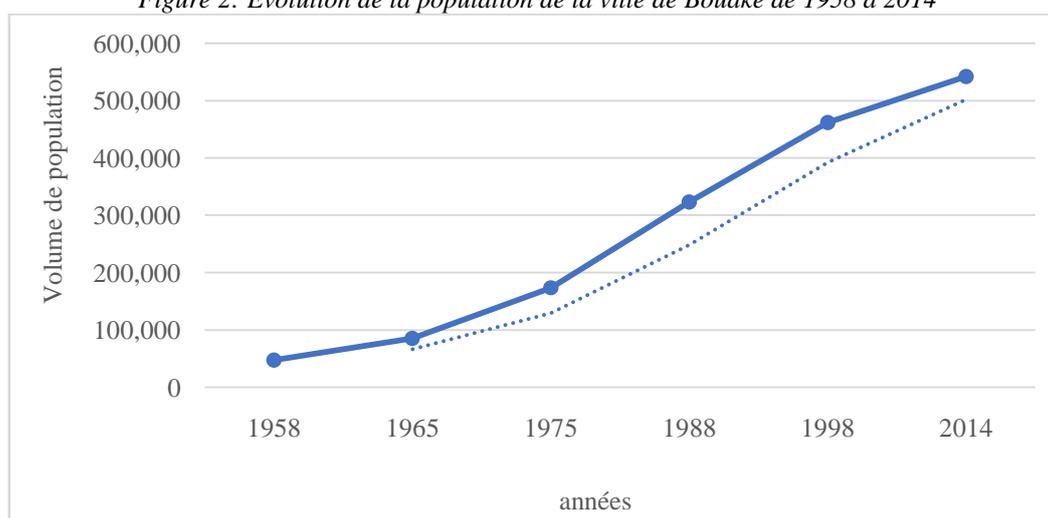
3.1 Evolution de la population et de la tache urbaine

Il s'est agi, de présenter d'une part, l'évolution de la population de 1958 à 2014 et d'autre part, l'extension de la ville depuis l'époque coloniale jusqu'à nos jours.

3.1.1 Evolution de la population urbaine

La population urbaine de Bouaké connaît depuis les années 60, une croissance rapide. Cependant, au regard de la figure 2 ci-dessous, 3 périodes se dégagent dans cette croissance (1958-1975 ; 1975-1998 et 1998-2014).

Figure 2: Evolution de la population de la ville de Bouaké de 1958 à 2014



La première période (1958 à 1975) est marquée par une croissance vertigineuse de la population. De 47 000 en 1958, la population de la ville est passée à 175 000 en 1975, soit une augmentation d'environ 128 000 habitants en dix-sept ans, représentant un taux de croissance moyen annuel de 7,40 %. Cette période marquée par le miracle économique ivoirien a occasionné d'importants investissements qui ont favorisé un important mouvement migratoire en direction de la ville.

La deuxième période (1975 à 1998) est marquée par une légère inflexion du taux de croissance moyen qui est passée à 5,15 % entre 1975 et 1988, ensuite à 4,3 % entre 1988 et 1998. Toutefois, la population a enregistré un accroissement de 287 000 habitants sur la période (1975 et 1998). De 175 000 en 1975, le nombre d'habitants est passé à 323 000 en 1988 puis à 462 000 en 1998.

La troisième période qui part de 1998 à 2014 est marquée par un taux de croissance moyen annuel de 3 %. De 462 000 en 1998, la population est passée à 542 082 en 2014, soit un accroissement de 107 600 habitants sur la période. Cette période est marquée en grande partie par la crise militaro-politique de 2002 qui a occasionné un départ massif de la population.

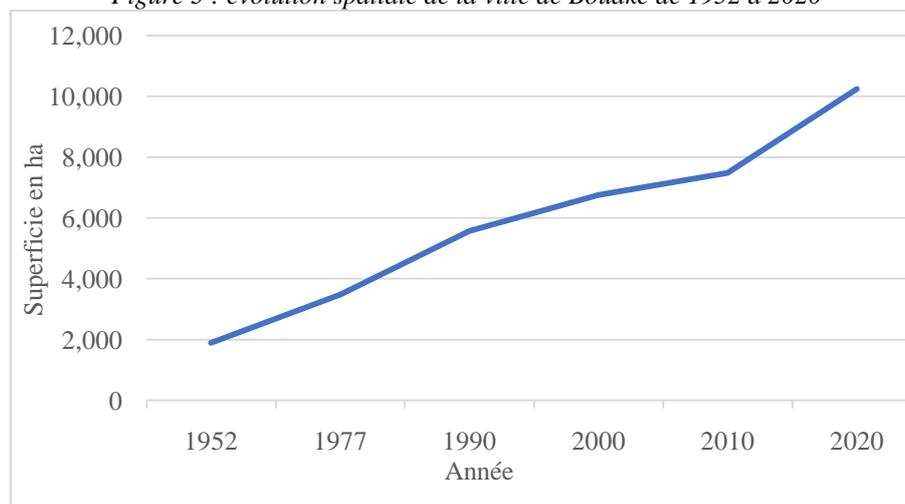
En somme la ville de Bouaké a connu une forte croissance démographique au lendemain de l'indépendance marqué par le miracle Ivoirien. Cette croissance a connu une inflexion puis une baisse consécutive à la crise économique des années 1980 et de la crise militaro-politique de 2002.

3.1.2 Dynamique spatiale de la ville de Bouaké

La ville de Bouaké, sous l'effet de la croissance démographique connaît une extension rapide et considérable. En effet, selon les statistiques issues des taches urbaines, la ville s'étendait pendant l'époque coloniale (1952) sur une superficie de 1897 ha. Sept décennies plus tard, soit en 2020, la ville occupe désormais une superficie d'environ 10 246 ha, soit le quintuple de son étendue spatiale d'avant l'indépendance. Cela représente une extension globale de 440 % équivalant à une extension moyenne annuelle de 2,39 %.

Les étapes de cette croissance ont été déclinées en quatre grandes étapes (figure 3) comme suit.

Figure 3 : évolution spatiale de la ville de Bouaké de 1952 à 2020



3.1.2.1 Le noyau urbain

En 1952, soit quelques années avant l'indépendance, la ville était bâtie sur 1 897 ha. Deux types de quartiers formaient le noyau urbain. D'un côté, les quartiers dits « Africains » situés dans la partie septentrionale comprenait les quartiers de Koko, Dougouba, Sokoura et Liberté. A l'opposé, les quartiers dits « européens » situés dans sa partie méridionale comprenait les quartiers Commerce et Air France.

Autour de ce petit noyau urbain gravitaient le village baoulé de N'Gattakro, l'usine de Gonfreville et l'Institut de Recherche du Coton et du Textile (IRCT).

3.1.2.2 Eclatement du noyau urbain

Les statistiques issues des cartes des taches urbaines ont révélé que la ville de Bouaké a connu une forte croissance spatiale au cours de la période 1952 à 1990. Cette période, marquée par l'indépendance et du miracle économique, la ville s'est accrue de 1 581 ha entre 1952 et 1977 puis de 2 093 ha entre 1977 et 1990, soit un accroissement de plus de 3 674 ha entre 1952 et 1990 équivalant à environ 2 fois la superficie de la ville en 1952. Au cours de cette période la ville est rentrée dans sa phase d'organisation spatiale avec de nouveaux lotissements qui ont donné naissance à plusieurs nouveaux quartiers dont Dar Es Salam I, II et III et Kotiakoffikro dans le nord, Djézou-kouamékro et Beaufort dans le nord-ouest, Belleville I et II dans le nord-est, Air France II, III, Nimbo, N'Gattakro, Broukroet Ahougnansoudans le sud, enfin le quartier Kennedy à l'est.

3.1.2.3 Phase de ralentissement de la croissance spatiale

La période de 1990 à 2010 est marquée par un ralentissement de la croissance spatiale de la ville. En effet, de 5 571 ha en 1990, les surfaces bâties et aménagées sont passées à 6 763 ha en 2000 puis à 7 488 ha en 2010, soit un accroissement d'environ 2 000 ha pour un taux d'accroissement moyen annuel de 1,48 % entre 1990 et 2010. Le gain en superficie de la ville sur cette période est environ deux fois inférieur à celui de la période 1952 à 1990.

Ce ralentissement de la croissance spatiale est imputable à deux événements majeurs à savoir la crise économique de 1990 ensuite la crise militaro politique de 2002.

Cette période à l'analyse des cartes des taches urbaines de 2000 et de 2010 est marquée par une individuation d'anciens villages baoulés devenus de véritables quartiers dont Tolakouadiokro, Kotiakoffikro, Fêtékro,

Allohokro, Assoumankro, Kogokro, etc. La ville s'est également étirée vers le nord-ouest avec l'émergence de nombreux villages traditionnels et quartiers périphériques.

3.1.2.4 Période de reprise de la croissance spatiale

La période de 2010 à 2020 est marquée par une forte croissance spatiale de la ville. En effet, de 7 487 ha en 2010, la superficie de la ville est passée à 10 246 ha en 2020, soit un accroissement de 2 758 ha en seulement 10 ans, soit un taux d'extension moyen annuel de 3 % environ. L'extension de la ville s'est faite dans tous les sens (nord-est, sud-ouest, nord-ouest et sud-est) avec une densification des quartiers périphériques. Aussi, les villages périphériques situés dans le sud ont été rejoints par la ville (figure 4).

En somme, la ville de Bouaké a connu deux phases de forte croissance spatiale et une phase de ralentissement. Les phases de forte croissance spatiale ont lieu de l'époque coloniale (1952) jusqu'en 1990 ensuite de 2010 à 2020. Ces deux phases ont été marquées par la création et la densification de plusieurs quartiers. Par contre au cours de la période de 1990 à 2010, très peu de quartiers ont été créés, d'où la faible croissance spatiale de la ville.

Tableau 1 : Superficies en ha et taux d'extension moyen annuel de la ville de Bouaké de 1952 à 2020

Année	Superficie (ha)	Accroissement (ha)	Taux d'extension global	Taux d'extension moyen annuel
1952	1 897,04	-	-	-
1977	3 478,11	1 581,07	83,34	2,45
1990	5 571,54	2 093,43	60,19	3,35
2000	6 763,44	1 191,90	21,393	1,96
2010	7 487,70	724,26	10,708	1,02
2020	10 246,20	2 758,50	36,840	3,19

relativement faibles. Ces surfaces horizontales occupent environ 76 % de l'espace urbain contre 24 % pour les dépressions (vallées).

Trois sous bassins versants du fleuve Bandama se partagent la ville. A l'ouest, le bassin versant de la Loka, au sud celui du Kan et à l'est le bassin versant du Soungourou

Le sous-bassin de la Loka, le plus étendu s'étend depuis le sud-ouest de la ville dans le quartier d'Adjeyaokro, traverse les quartiers du centre-ville (zone industrielle, Municipal, Koko, Liberté) puis le nord de la ville vers Tolakouadiokro et Dar Es Salam. Toutes les eaux collectées au niveau de ce sous-bassin versant se rejoignent au nord de la ville dans le quartier Dar Es Salam III, ainsi que sur le front d'urbanisation nord. Ce sous-bassin versant est marqué par de nombreuses ramifications et une intense sinuosité du réseau hydrographique.

Dans la partie sud, se trouve le sous-bassin versant du Kan. Il collecte les eaux de ruissellement provenant des quartiers de Broukro, Ahougnansou, N'Gattakro, Banco, Houphouet-ville et Nimbo. Le réseau hydrographique est moins dense que dans la partie ouest tandis que la configuration morphologique annonce des pentes de relief relativement élevées, supérieures à 10%. Par ailleurs, les observations du terrain révèlent la présence de vallées peu profondes moyennement larges et alimentées par des cours d'eau à débit relativement élevé ;

Le sous-bassin versant du Soungourou situé à l'est de la ville recueille les eaux provenant des quartiers de Belleville, Fêtékro, Angoua Tanoukro et Kennedy. Toutes ces eaux provenant de ce sous-bassin versant se rejoignent sur le front d'urbanisation est de la ville.

3.2.2. Analyse de la carte d'aléa inondation

La carte de l'aléa inondation a été élaborée à partir du modèle numérique du terrain. Elle présente les zones de la topographie qui sont susceptibles d'être inondées en cas de fortes pluies. Ces zones (vallons, vallées) constituent des axes naturels de concentration et de drainage des eaux de ruissellement de pluie. Les statistiques issues de la carte de l'aléa inondation révèlent que 4 892 ha, soit 24 % environ de l'étendue spatiale de la ville de Bouaké sont susceptibles d'être inondés par les eaux de ruissellement en cas de forte pluie (planche 1, figure b). Cependant cette susceptibilité à l'inondation varie de faible à très élevée selon l'importance des drains dans le bassin versant.

3.2.2.1. Zones de faible aléa

Elles représentent 4 % de la superficie totale de la ville et environ 17 % des terres inondables. Elles sont constituées de vallons et de têtes de vallées. Les susceptibilités à l'inondation dans ces zones sont très faibles. En effet, les vallons et les têtes de vallées jouent un rôle de collecteur et d'orientation des eaux de ruissellement. La quantité d'eau collectée fut elle importante, ne suffirait pas à créer une inondation, à moins que les voies d'évacuation soient obstruées.

3.2.2.2. Zones d'aléa moyen

Ces zones sont constituées par les axes (drains) de drainage de second ordre. Elles représentent environ 23 % des surfaces inondables et occupent 6 % environ de la superficie de la ville. Ces zones reçoivent directement les eaux de ruissellement collectées par les têtes de vallées et des vallons. Elles servent de transit vers des axes de drainage plus grand. Le ruissellement des eaux se fait dans les fonds des vallées (talwegs) dont la profondeur et l'étroitesse réduisent les susceptibilités d'une inondation.

3.2.2.3. Zones d'aléa élevé

Les zones d'aléa élevé correspondent dans le bassin versant, aux axes de drainage d'ordre 3. Elles représentent environ 17 % des surfaces inondables et 4 % environ de la superficie urbaine. Les eaux qui transitent par ces axes proviennent des axes de concentration et de drainage d'ordre 2. Aussi, certains vallons connectés directement à ces axes déversent directement les eaux de ruissellement provenant des interfluves. La quantité d'eau qui transite donc par ces axes est très importante et envahit les fonds des vallées et les berges. Ces zones se rencontrent au centre ainsi qu'aux extrémités sud, nord et est de la ville.

3.2.2.4. Zones d'aléa très élevé

Au nombre de trois, les zones d'aléa élevé correspondent aux plaines alluviales situées à basse altitude et dominées par le relief des bassins-versants. Ce sont des zones de confluence des principaux axes de drainage de chaque bassin versant. Elles représentent près de la moitié (43 %) des zones susceptibles d'être inondées et occupent plus de 10 % de la superficie urbaine. Localisées aux extrémités sud-est, est et nord de la ville, elles servent de lieu de rencontre et de transit obligé de toutes les eaux de ruissellement provenant de la ville (planche 1, figure b). C'est donc une grande quantité d'eau qui est capable d'inonder toutes les plaines alluviales.

3.2.3. Analyse de la carte des enjeux

Les enjeux concernent les aménagements humains. Leur dispersion ou concentration est un indicateur pertinent pour apprécier les niveaux d'enjeux. La figure c de la planche 1 illustre la répartition des enjeux humains sur l'espace urbain de Bouaké.

3.2.3.1. Zones d'enjeux faible

Elles occupent 43 % environ de la surface urbaine et se caractérisent par une dispersion de l'habitat. Ces zones se rencontrent à la périphérie de la ville. Elles constituent les fronts d'urbanisation actuels de la ville avec des nouveaux quartiers comme Attienkro, Kennedy, Adjodoussou, Bobo...

3.2.3.2. Zones d'enjeux moyen

Ces zones se caractérisent par une concentration moyenne de l'habitat. Les vides entre les bâtis sont peu étroits et plus ou moins visibles. Très rependues, elles représentent près de la moitié (49 % environ) de la surface urbaine. Elles se rencontrent dans la couronne péricentrale avec les quartiers d'Ahougnansou, N'Gattakro, Air France... ainsi qu'à la périphérie nord de la ville avec les quartiers de Belleville, Kotiakoffikro, Adjeyaokro etc.

3.2.3.3. Zones d'enjeux élevés

Elles se caractérisent par une forte concentration et un resserrement de l'habitat. Par ailleurs, très peuplées, ces zones représentent 10 % des surfaces bâties de la ville. Elles se concentrent dans le noyau urbain (Koko, Liberté, Kamonoukro), et dans quelques quartiers spontanés (Soussoroubougou, Banco, Oliénou).

3.2.4. Analyse de la carte des zones à risque d'inondation

La planche 1, figure d, montre la distribution des zones à risques d'inondation dans l'agglomération urbaine de Bouaké. Les niveaux de risques ont été déterminés en fonction de la présence et de la concentration des enjeux dans les zones d'aléa inondation.

3.2.4.1. Zones à risque nul

Elles correspondent aux zones d'aléa inondation où il n'existe pas d'installations humaines (habitats, infrastructures, équipements). Elles représentent 83 % des zones susceptibles d'être inondées en cas de forte pluie. Ces zones se rencontrent d'une part, dans le centre urbain où l'étroitesse des vallées ne favorise pas les installations humaines et d'autre part sur les fronts d'urbanisation où il n'existe pratiquement pas d'habitation humaine.

3.2.4.2. Zones à risque faible

Elles s'étendent sur 7 % environ des surfaces inondables. Dans ces zones, quelques rares maisons sont isolées au niveau des têtes de vallées (vallon) et au bas des versants de vallées. Elles se rencontrent surtout dans le nord-est de la ville dans les quartiers Idessa, Kennedy, N'Gouatanoukro, Sokoura mais également dans les quartiers de Tolia Kouadiokro, N'Dakro et CNRA.

3.2.4.3. Zones à risque moyen

Dans ces zones la plupart des maisons sont construites sur les versants avec un prolongement dans les vallées ou dispersées au niveau des têtes de vallées et sur les berges (lit majeur). Elles concernent seulement 3 % des surfaces inondables de la ville et se concentrent plus dans le centre-ville dans les quartiers Liberté, Kamonoukro, Gonfreville, Zone Industrielle, Lycée etc...

3.2.4.4. Zones à risque élevé

Ces zones s'étalent seulement sur 4 % des terres inondables. Cependant une inondation dans ces zones causerait beaucoup de dommage à cause de la forte concentration humaine. Elles se rencontrent dans les quartiers très peuplés du nord de la ville (Dar-es-salam 1, 2 et 3 et Atienkro), à l'est (Kenedy extension, Kouadio Menankro) et au sud (Broukro 2).

3.2.4.5. Zones à risque très élevé

Les zones où le risque d'inondation est très élevé couvrent environ 3 % seulement des surfaces susceptibles d'être inondées en cas de forte pluie. Une inondation entraînerait beaucoup de pertes matérielles et en vies humaines, car dans ces zones, l'habitat est très dense et occupe les plaines alluviales et les fonds (plat) des vallées. Très localisées, elles se rencontrent dans les quartiers peuplés de Koko, Mamianou, Liberté, Dar es salam 2 et Belleville 1 et 2.

Planche 1 : Relief et répartition des zones d'alea inondation, des enjeux et des zones à risques

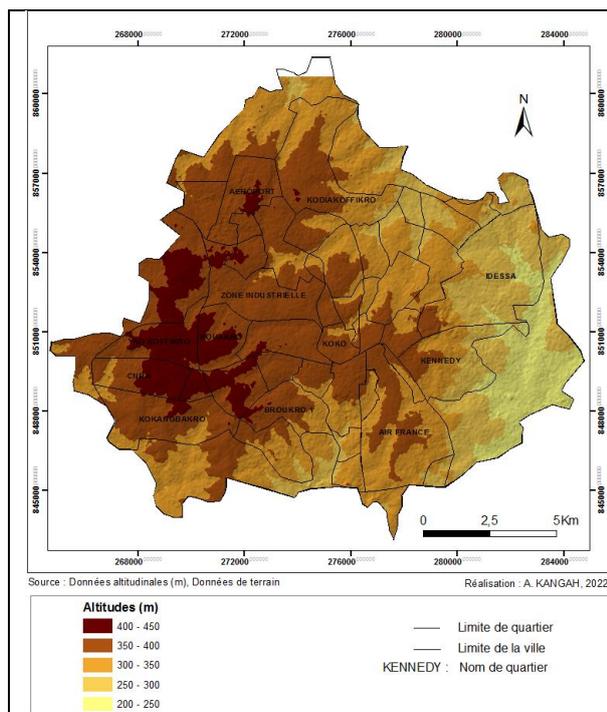


Figure a : MNT

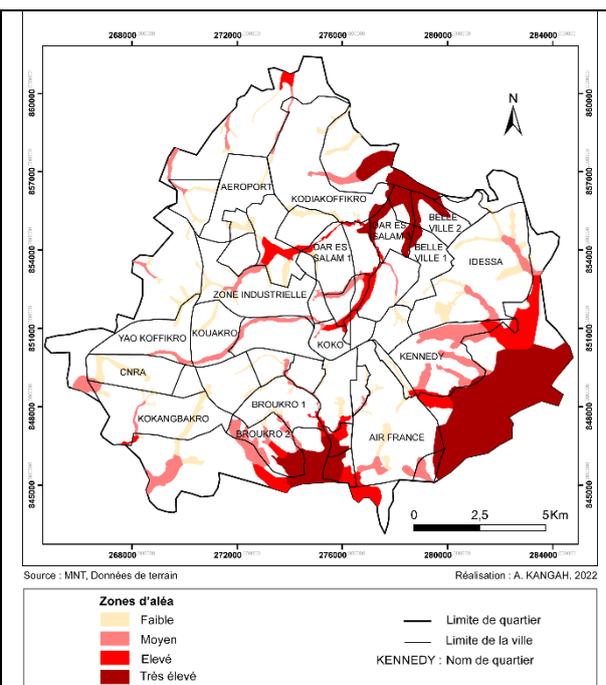


Figure b : Zones d'alea inondation

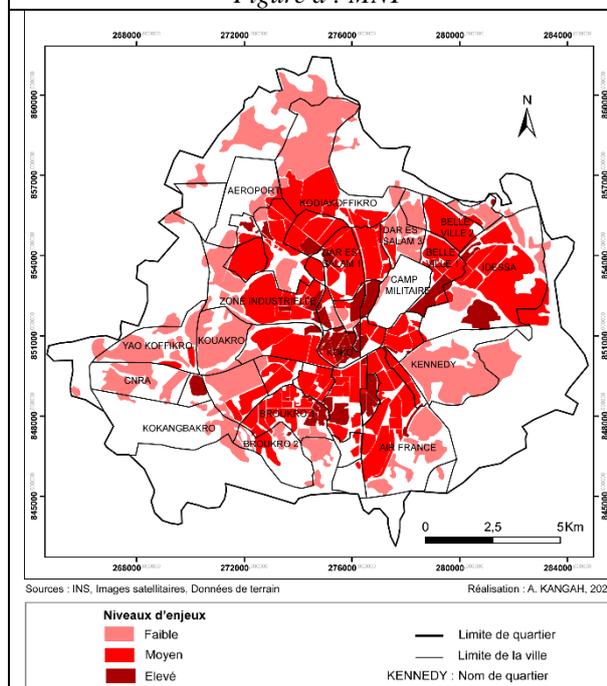


Figure C : niveaux d'enjeux

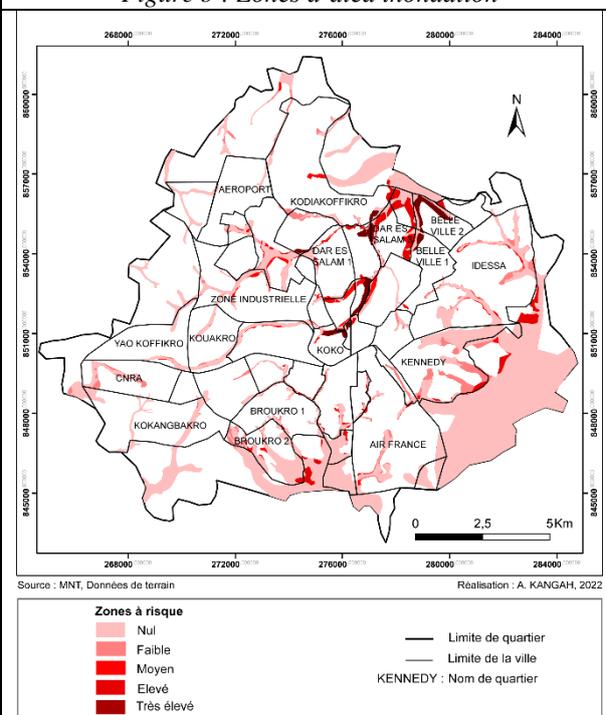


Figure d : zones à risques d'inondation

IV. DISCUSSION

Plusieurs villes ivoiriennes connaissent de façon récurrente des inondations pendant la saison des pluies. Cette étude qui se veut une prévention du risque avait pour but, d'évaluer l'exposition des populations urbaines de Bouaké à un éventuel risque d'inondation face à l'explosion démographique qui a conduit à une rapide expansion de la ville. L'approche méthodologique utilisée est basée sur l'analyse des données démographiques, d'occupation du sol et topographiques. La télédétection et les Systèmes d'Information Géographique ont démontré à travers cette étude leur rôle combien de fois considérable dans le traitement et l'analyse de

l'information spatiale. Ils ont permis de retracer l'évolution spatiale de la ville de Bouaké et de déterminer les zones à risque d'inondation.

L'analyse des données de population a révélé que la ville connaît une forte évolution démographique de l'époque coloniale jusqu'en 1998 avant de connaître une inflexion de 1998 à 2014. En effet, réputée pour son industrialisation à travers ses usines (Gonfreville, Sitab...) et ses activités commerciales (le marché de gros), l'économie de la ville a constitué un fort pouvoir attractif des populations pendant l'époque coloniale. Aussi, les importants investissements qu'a bénéficié la ville au lendemain de l'indépendance a également été un moteur de la croissance démographique de 1952 à 1998. Le ralentissement de la croissance démographique entre 1988 et 1998 puis la baisse constatée entre 1998 et 2014 est imputable à deux facteurs essentiels. D'abord la crise économique des années 80 qui a fortement impacté l'économie de la ville, ensuite la crise militaro-politique de 2002 à 2011 qui a occasionné un exode massif de la population vers d'autres lieux.

Par ailleurs, cette forte croissance démographique occasionnée par un important mouvement migratoire depuis l'époque coloniale et au lendemain de l'indépendance est à l'origine de la densification et de l'extension rapide de la ville. Ainsi, du petit noyau urbain avant l'indépendance, la ville de Bouaké, sous l'impulsion de vastes mouvements migratoires est devenue une grosse agglomération urbaine de nos jours. Aussi, le bitumage des grands axes structurants a favorisé la création de nouveaux lotissements et l'intégration de plusieurs villages à la ville. Tout ceci a contribué à l'extension de la ville qui s'est faite de façon harmonieuse depuis l'époque coloniale jusqu'en 2002. Nos analyses corroborent avec celles de Tchan (2017) qui lors d'une étude sur l'évolution des fronts d'urbanisation de Bouaké a révélé que cette ville fait partie des rares lieux où l'urbanisation suivait à peu près le schéma promu par les pouvoirs publics à travers un processus de lotissement largement maîtrisé. Cependant, la crise militaro-politique survenue en 2002 avec la ville de Bouaké comme capitale de la rébellion a eu pour effets, une interruption du processus entraînant un ralentissement puis un arrêt de l'extension harmonieuse de la ville. Cette période de crise (2002 à 2011) a été marquée par des lotissements désordonnés et des constructions anarchiques.

Par ailleurs, la reprise de la croissance urbaine constatée au lendemain de la crise post électorale à nos jours a été possible grâce au retour de la paix qui a occasionné des investissements importants dans la ville favorisant un retour massif de la population et une reprise l'extension de la ville.

Au niveau de l'évaluation du risque d'inondation, la démarche méthodologique adoptée a abouti à la mise en évidence des zones urbaines qui sont sous la menace d'une inondation en cas de pluies diluviennes. La construction du Modèle Numérique de Terrain (MNT) par la méthode d'interpolation 'le krigage' a permis d'avoir une surface topographique plus proche de la réalité comme l'avaient signifié les auteurs Allah (2013), Kangah et al. (2015). En effet, ces auteurs après avoir testé plusieurs méthodes d'interpolation lors de l'élaboration d'un modèle numérique de terrain pour la détermination des zones à risques d'inondation dans la ville de Gand-Bassam et dans le quartier de Bonoumin-Palmerai dans la commune de Cocody ont eu à conclure que : « la méthode d'interpolation par 'krigage' est celle dont les résultats étaient plus proches de la réalité de terrain »

Le MNT s'est avéré comme l'outil idéal pour l'identification et l'extraction des axes de concentration et de drainage des eaux de ruissellement (vallées) qui sont les points les plus bas de la topographie. Susceptibles d'être inondés en cas de forte pluie, ces axes constituent de ce fait, des zones d'aléa inondation. Leur hiérarchisation selon leur position et la quantité d'eau qu'ils reçoivent dans le bassin versant a permis de dresser la carte des niveaux d'aléa inondation. Ainsi, les drains situés en amont des vallées recevant une quantité d'eau moins importante, sont moins susceptibles à l'inondation que ceux situés en aval qui en reçoivent davantage. L'analyse de cette carte a révélé l'existence de zones d'aléa inondation et que les niveaux de susceptibilités augmentent du centre urbain où se fait la collecte des eaux de ruissellement vers la périphérie, lieu de confluence des grands axes. Cette situation justifie le fait que les susceptibilités à l'inondation sont faibles dans le centre urbain et élevées à la sortie de la ville.

Concernant les enjeux, ils sont inégalement répartis dans l'espace urbain. Leur forte concentration (habitat, population et équipements) dans le centre-ville est due au fait qu'il constitue le noyau urbain autour duquel s'est bâtie la ville. A ce titre, il concentre beaucoup d'infrastructures et d'équipements. En plus l'habitat est du type collectif avec une forte concentration humaine. Par contre la périphérie, moins peuplée, regroupe les nouveaux quartiers peu densifiés avec un habitat de type individuel hormis quelques localités villageoises qui ont été rejointes par la ville.

S'agissant du risque, il résulte de la confrontation de l'aléa et des enjeux. A ce titre, le croisement de la carte d'aléa inondation avec celle des enjeux s'avère être le meilleur moyen pour déterminer les zones à risque dans le cadre d'une inondation par ruissellement d'eau de pluie. L'analyse de la carte des zones à risque a effectivement montré qu'il en existe dans l'agglomération urbaine de Bouaké même si elles ne représentent qu'environ 17 % des zones inondables. Cependant dans les 83 % du reste des zones susceptibles d'être inondées, si le risque est nul, c'est parce que d'une part, dans certaines, l'étroitesse des vallées (pentes élevées des versants et leur fond plat) rend les constructions pratiquement impossibles. D'autres part, la moitié de ces zones constituent des terrasses alluviales et sont situées sur les fronts d'urbanisation. Pour l'instant comme elles

n'abritent pas encore d'installations humaines (habitats, infrastructures.) le risque est nul, mais si à la longue elles sont colonisées par l'homme, le risque dans ces zones sera très élevé car elles constituent des zones d'aléa très élevé. Les installations humaines dans ces zones doivent être interdites.

Les zones à faible et moyen risque correspondent aux installations humaines situées sur les têtes et versants des vallées. Ces zones étant situées en amont des vallées, la quantité d'eau qui transite par ces zones, aussi importantes qu'elle soit, ne suffirait pas à mettre en danger l'homme et ses biens. Par contre dans les zones à risque élevé et très élevées, le danger est permanent car il existe une forte concentration humaine sur les berges et dans les zones de confluence de plusieurs axes (vallées). En cas de pluie diluvienne, la quantité d'eau transitée en ces lieux constituerait un réel danger pour les occupants.

Certes les zones à risque d'inondation dans l'agglomération urbaine de Bouaké ont été mises en évidence. Cependant, il faut un élément déclencheur, la pluviosité. En effet, si les habitants de la ville de Bouaké et en particulier ceux des zones à risque ne s'inquiètent pas du danger auquel ils sont exposés, c'est parce qu'ils ont une méconnaissance du risque inondation. Car la quantité d'eau tombée jusqu'à ce jour dans la ville n'a jamais été suffisante pour occasionner une inondation. Cependant, avec le phénomène de changement climatique, les zones à risques doivent être sous surveillance afin d'éviter le pire en cas de pluie diluvienne.

V. CONCLUSION

La présente étude a permis de cartographier, d'une part l'évolution spatiale de la ville de Bouaké face à la forte croissance de la population et d'autre part, les zones à risques d'inondation. Les données spatiales (images satellitaires, données altimétriques) et les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) ont été d'un apport considérable dans l'aboutissement de la présente étude.

L'analyse des données démographiques a montré que la population de la ville de Bouaké a connu une forte croissance de l'époque coloniale jusqu'en 1998. De cette date jusqu'en 2014, cette forte croissance a connu un fort ralentissement à cause de la crise militaro-politique (2002 à 2011) qui a occasionné un départ des populations vers d'autres destinations. Cette forte croissance démographique est par ailleurs à la base la forte extension spatiale de la ville qui est passée de 1 900 ha en 1952 à plus de 10 000 ha en 2020, soit un taux d'extension globale de 440 % équivalent à une extension moyenne annuelle de 2,39 %. La ville s'est étendue de façon harmonieuse jusqu'à l'éclatement de la crise militaro-politique en 2002 qui a freiné l'extension de la ville et occasionné un désordre urbain. Toutefois, la paix retrouvée en 2012 a favorisé un retour massif des populations et des investissements, occasionnant à nouveau une forte extension spatiale de la ville.

Par ailleurs, la ville étant bâtie sur un relief de plateau fortement disséqué par plusieurs vallées et de terrasse alluviale, la croissance spatiale de la ville pourrait exposer les populations à des risques d'inondations si elle n'est pas contrôlée. En effet, la carte des zones d'aléa inondation réalisée à partir d'un Modèle Numérique de Terrain arévélé que sur les fronts d'urbanisation (sud-est, est et nord), il existe des zones dont les susceptibilités à l'inondation en cas de pluie diluviennes sont très élevées.

Les différentes cartes ainsi élaborées pourraient servir d'outil à la planification spatiale de la ville ainsi qu'à la prise de décision.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Alla D. A., 2013, Les risques naturels dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat d'Etat ès - sciences humaines, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, 385 pages.
- [2]. Antoine P., 1997, L'urbanisation en Afrique et ses perspectives. Revue « Aliments dans les Villes ». 21p. <https://www.fao.org/3/x6988f/x6988f.pdf>
- [3]. Atta K., 1978, Dynamique de l'occupation de l'espace urbain et péri urbain de Bouaké (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat 3e cycle, ORSTOM, Paris, 296 P.
- [4]. Banque Mondiale, 2016, Repenser les villes Ivoiriennes.
- [5]. <https://banquemondiale.org/fr/contry/coteivoire/publication/reimagining-ivoirian-cities>
- [6]. Boutillier J.L., 1971, Croissance démographique et croissance économique en Côte d'Ivoire. Colloque de Démographie Africaine. Cahiers ORSTOM. Série Sciences Humaines, 8, pp 1-7.
- [7]. Cotten A-M., 1974, Un aspect de l'urbanisation en Côte-d'Ivoire. Cahiers d'Outre-Mer, N°106-27° année, pp 183- 193.
- [8]. Diagabaté S., K. P. Konan, 2018, Gestion des ordures ménagères dans la ville de Bouaké, sources d'inégalités socio-spatiales et environnementales. Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé, 1 (n°2), pp 126-142.
- [9]. Dubresson A., J-P. Raison, 2002, Dislocations et recompositions spatiales en Afrique subsaharienne. Revue internationale et stratégique, 2(46), pp 119- 127.
- [10]. Duchemin J-P., J-P. Trouchaud, 1969, Données démographiques sur la croissance des villes en Côte d'Ivoire. Cahier ORSTOM, séries sciences humaines, VI (1), pp 71- 82.
- [11]. D'ercole R., O. Dolfus, A. Gupta, J.C. Thouret, J.P. Aste, 1995, Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive, Bulletin de l'Association de géographes français, 72e année, pp. 311-338.
- [12]. Fall, M., S. Coulibaly, 2016, Diversified urbanization : the case of Côte d'Ivoire (English). Washington, D.C. : World Bank Group.
- [13]. <http://documents.worldbank.org/curated/en/519221472632647499/Diversified-urbanization-the-case-of-Côte-d-Ivoire>
- [14]. François M-E., H. Dominique, H. Philip, 2016, Urbanisation des pays de l'Afrique de l'Ouest, In Cahiers de l'Afrique de l'Ouest. <https://doi.org/10.1787/20743556>
- [15]. Institut National de la Statistique, 2014, Indicateurs démographiques, rapport final. http://www.ins.ci/n/index.php?option=com_content&view=article&id=84:indicateursdemographiques&catid=48:isd

- [16]. Kangah A., 2009, Pression démographique et dynamique spatiale de la ville d'Abidjan : Apport de la télédétection et des Systèmes d'Informations Géographiques. Revue Ivoirienne des Lettres, Arts et Sciences Humaines, n°12 ENS-Abidjan (Côte d'Ivoire) Pp 125-144.
- [17]. Kangah A., A. D. Alla, 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-Palmerie (commune de Cocody, Côte d'Ivoire). *Geo-Eco-Trop*, 39(2), Pp 297-308.
- [18]. Konan K. A., 2017, Les services collectifs de transport intra-urbain à Bouaké : des offres de mobilité à hauts risques pour les populations. *EchoGéo*, 40, Pp 1-19.
- [19]. Lall S. V., J. V. Henderson, 2017. "Ouvrir les Villes Africaines au Monde." Banque Mondiale, Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreamhandle/10986/25896/211044ovFR.pdf>
- [20]. Manirakiza V., 2015, La problématique de l'urbanisation spontanée face à la modernisation de la ville de Kigali (Rwanda), Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain. 293p.
- [21]. Ministère de la Construction du Logement, de l'Assainissement et de l'Urbanisme (2017). Schéma Directeur d'Urbanisme (SDU) Bouaké 2030. Rapport final.
- [22]. OCDE/CSAO, 2020, Dynamique de l'urbanisation Africaine 2020 : Africapolis, une nouvelle géographie urbaine, Cahiers de l'Afrique de l'Ouest, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/481c7f49-fr>.
- [23]. RGPH, 2014, Résultats globaux. 12 p. <https://www.ins.ci/documents/rgph/ivoirien>
- [24]. Sikuzani Y. U., S. C. Kaleba, J.-M. Halleux, J. Bogaert, F. M. Kankumbi, 2018, Caractérisation de la croissance spatiale urbaine de la ville de Lubumbashi (Haut-Katanga, R.D. Congo) entre 1989 et 2014. *Tropicultura*, 36(1) Pp 99-108. <https://popups.uliege.be/2295-8010>
- [25]. Soro N., A. A. Koné, 2019, Caractéristiques du relief et répartition de l'habitat dans la ville de Bouaké. *Dalogoé*, Revue de géographie de l'Université Jean Lorignon Guedé de Daloa.
- [26]. <https://www.revuegeo-univdaloa.net/fr/publication/caracteristiques-du-relief-et-repartition-delhabitat-dans-la-ville-de-bouake>
- [27]. Tchan A., E. Irié, 2017, Nouveaux fronts urbains : La guerre comme facteur de réorientation de la dynamique spatiale à Bouaké. Pré-actes du Colloque International, Université Paris 8, Vincennes Saint-Denis, Pp 17- 26.
- [28]. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014, World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352). 493 p.
- [29]. <https://population.un.org/wup/publications/files/wup2014-report.pdf>
- [30]. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2008, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision. <http://un.org/en/development/desa/population/events/pdf/expert/13/Heilig.pdf>
- [31]. VERON J., 2008, Enjeux économiques, sociaux et environnementaux de l'urbanisation du monde. *Mondes en développement*, 36(2n° 142), Pp 39- 52.
- [32]. VERON, J., 2007, La moitié de la population mondiale vit en ville. *Population et sociétés*, Bulletin mensuel d'information de l'Institut national d'études démographiques. N°435.

Armand KANGAH. "Croissance Urbaine Et Risques D'inondation : Cas de la ville de Bouaké." *International Journal of Humanities and Social Science Invention (IJHSSI)*, vol. 11(11), 2022, pp 45-58. Journal DOI- 10.35629/7722