

Cartographie spatiale des risques d'inondation par le Système d'Information Géographique du site urbain de Brazzaville (République du Congo)

Médard NGOUALA MABONZO,
medngouala@yahoo.fr

Achille Patrick BATCHI MAV

Laboratoire de Géographie, Environnement et Aménagement (LAGEA),
Université Marien Ngouabi, Département de géographie.

Résumé : Ce travail utilise les possibilités qu'offrent les Systèmes d'Information Géographique pour caractériser spatialement les zones à risque d'inondation dans le site urbain de Brazzaville (République du Congo). Pour atteindre cet objectif, l'analyse spatiale multicritère a permis d'élaborer les cartes des pentes, de l'occupation des sols et des zones à risque d'inondation par l'intégration dans un système d'information géographique (SIG). Les données utilisées sont issues des images SPOT de 2009 et TM de Landsat 2018 et la photographie aérienne notamment l'ortho photographie de Brazzaville de 2007 des produits dérivés d'un modèle numérique de terrain (MNT). Les résultats montrent que les zones à sensibilité forte aux inondations se trouvent dans la plaine où le degré de pente est faible ($< 5^\circ$). Ceci indépendamment des deux autres variables (occupation du sol et texture du sol). En revanche, sur les plateaux et les collines, les terrains à pente forte ($> 10^\circ$), dont le couvert végétal est absent, sont les plus sensibles à l'érosion hydrique. Deux (2) zones géographiques ayant chacune son comportement vis-à-vis du phénomène d'inondation se font remarquées. La première zone couvre les arrondissements de Djiri, Talangai, Ouenzé et Poto-Poto dans la partie Est, la partie Sud de Madibou et les rives de la rivière Mfilou qui sont des zones bâties sur la plaine. Ici, les pentes sont très faibles voir nulles. La deuxième zone correspond aux arrondissements Makélékélé, Bacongo, Poto-Poto Ouest, Mougali, Madibou et Mfilou-Ngamaba bâtie sur le plateau tabulaire de Maya-Maya, peu vallonné.

Mots-clés : Congo, Brazzaville, Inondation, Cartographie spatiale, Système d'Informations Géographiques, Site urbain de Brazzaville.

Abstract : This work uses the possibilities offered by Geographic Information Systems to spatially identify areas at risk of flooding in the urban site of Brazzaville (Republic of the Congo). To achieve this objective, the multicriteria spatial analysis made it possible to draw up maps of slopes, land use and areas at risk of flooding by integrating them into a geographic information system (GIS). The data used come from SPOT images of 2009 and TM from Landsat 2018 and aerial photography, in particular the Brazzaville ortho-photograph from 2007, from products derived from a digital terrain model (DTM). The results show that the areas with high sensitivity to flooding are found in the plain where the degree of slope is low ($< 5^\circ$). This independently of the two other variables (land use and soil texture). On the other hand, on plateaus and hills, steeply sloping land ($> 10^\circ$), where there is no plant cover, are the most sensitive to water erosion. Two (2) geographic areas, each having its own behavior vis-à-vis the flooding phenomenon, stand out. The first zone covers the districts of Djiri, Talangai, Ouenzé and Poto-Poto in the eastern part, the southern part of Madibou and the banks of the Mfilou river which are built-up areas on the plain. Here, the slopes are very weak or even zero. The second zone corresponds to the Makélékélé, Bacongo, Poto-Poto West, Mougali, Madibou and Mfilou-Ngamaba districts built on the tabular plateau of Maya-Maya, not very hilly.

Keywords: Flood, overflowing rivers, Spatial mapping, Geographic Information System, Site urbain of Brazzaville.

Introduction

Les évènements climatiques extrêmes, à l'instar des inondations, constituent des facteurs importants de vulnérabilité des populations (J. HOUGHTON, 2001, p.3). Aussi, l'urbanisation planifiée dans les villes est un moyen essentiel pour les villes de lutter efficacement contre les risques d'inondation mais si elle est mal planifiée, elle contribue à aggraver ces risques (H. HANGNON et al. 2015, p.498). Ces risques d'inondation dans les villes sahéliennes sont également dus à l'insuffisance dans l'application des réglementations concernant l'aménagement du territoire et l'action humaine sur l'environnement (S. SENE et al, 2002, p.27). Le risque d'inondation reste aujourd'hui le risque naturel le plus répandu, faisant plus de victime et de dégâts (H. KOUMASSI, 2014, p.18). Il contribue pour 58 % dans le nombre de victimes et pour 31 % dans le montant des pertes économiques (G. BERZ, 2000, p.178).

Brazzaville est actuellement la ville du Congo la plus affectée par les phénomènes morpho-climatiques (inondation, glissement de terrain, ensablement et ravinement) (B.A. MAYIMA, 2018, p.38). L'urbanisation, l'occupation anarchique des sols et les fortes pluies sont responsables de graves problèmes des ensablements et des inondations qui déstabilisent les populations. Dans la recherche des solutions durables à cet épineux problème, l'élaboration d'une cartographie constitue une démarche indispensable (B.A. MAYIMA, 2018, p.42). C'est dans ce contexte que ce travail est réalisé avec pour objectif d'évaluer à partir d'une utilisation des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) afin d'étudier le risque d'inondation dans le site urbain de Brazzaville.

1. Cadre géographique du site urbain de Brazzaville

Brazzaville est la capitale politique et administrative de la République du Congo. Elle s'étend du Sud-ouest vers le Nord-Est entre les latitudes 4°10' et 4°30' Sud, et les longitudes 15°20' et 15°40' Est (figure1). La population de la ville de Brazzaville est passée de 585 812 habitants en 1984 à 805 410 habitants en 1996 (RGPH) et 1159 445 en 2005 (selon les estimations). Elle constitue 30% environ de la population nationale. Elle est découpée administrativement en neuf (9) arrondissements : Makélékélé, Bacongo, Poto-Poto, Moungali, Ouénzé, Talangaï, Mfilou, Djiri et Madibou (figure1).

Le site urbain de Brazzaville présente une topographie étagée où se juxtaposent trois (3) unités topographiques : une plaine de 290 m d'altitude située à l'est de la ville, un plateau de 310 m d'altitude (Maya-Maya) situé au centre de la ville et des plateaux de 400 m d'altitude environ (Mbé et des Cataractes) qui entourent les deux premières unités topographiques. Ce site dominé par des plateaux à pentes plus ou moins fortes où affleure du sable. Les phénomènes d'érosion,

d'inondation et d'ensablement deviennent très récurrents et dégradent l'environnement, surtout dans les quartiers nord de la ville (M. MASSOUANGUI KIFOUALA, 2019, p.2).

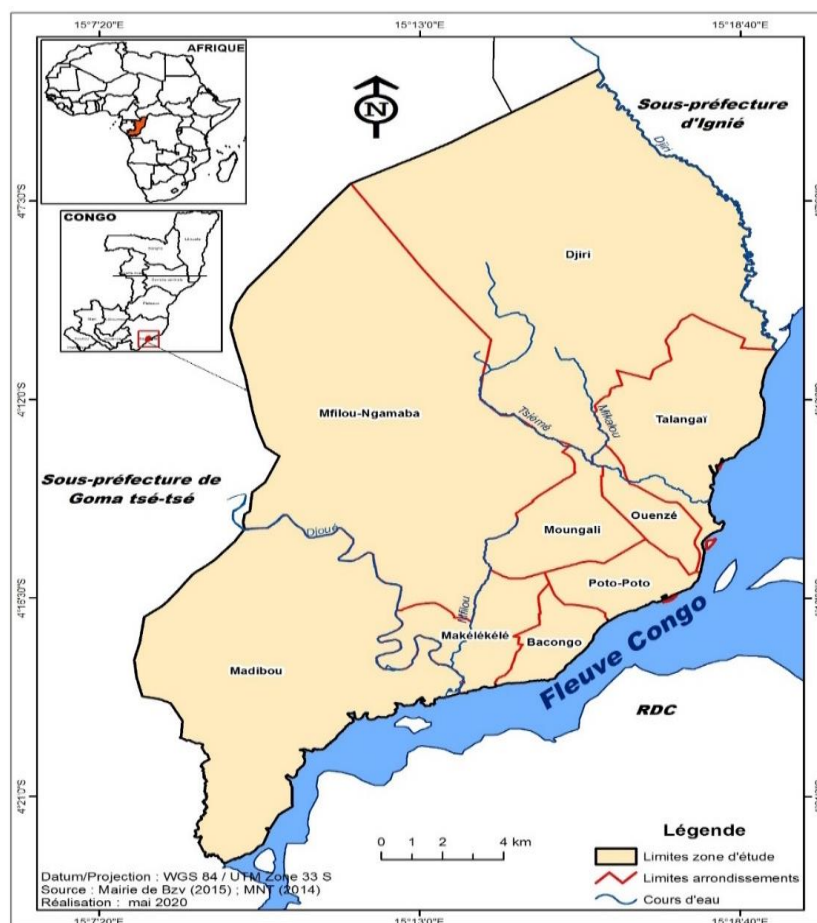


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2. Matériel et méthodes

2.1. Collecte des données

Cette étude s'est appuyée sur les données des documents suivants :

- la photographie aérienne notamment l'ortho photographie de Brazzaville de 2007, acquise gratuitement sur le Google Earth en mode infrarouge couleur. C'est une scène de haute résolution spatiale qui couvre Brazzaville et ses environs. Elle est fournie avec un niveau de correction 2A, c'est-à-dire ayant été corrigée des défauts radiométriques lors de sa prise de vue. Elle est géo référencée et représentée dans le système de projection UTM zone 33 Sud. Cette image a été un support essentiel pour la vérification et correction des limites du découpage en arrondissement ;
- une image SPOT de 2009, obtenue au CEREGEC. C'est une image préalablement géo référencée dans le même système de projection que l'orthophotographie. Elle couvre

également Brazzaville et ses environs, sur une superficie de 85 km x 85 km. Elle a permis de réaliser la carte de l'occupation du sol ;

- la scène SRTM (Shuttle Radar Topography) géo référencée, obtenue au CNIAF (Centre National d'Inventaire et d'Aménagement des Ressources Forestières et fauniques), est générée en MNT (Modèle Numérique de terrain) dont le traitement numérique a permis d'obtenir les pentes ou l'altimétrie ;
- la carte topographique exploitée est éditée en 2014. Il s'agit de la feuille de Brazzaville SB-33-IV à l'échelle de 1/200 000^e. C'est sur la base de celle-ci que les cours d'eau ont été digitalisés ;
- la carte pédologique de Brazzaville-Kinkala de 1975 à l'échelle au 1/200.000^e.

La classification en différents faciès découle de cette donnée ;

- le plan de la ville de Brazzaville de 1983 à l'échelle 1/20.000^e a été un support de base pour la digitalisation des limites des arrondissements.

2.2. Traitement des données

L'approche utilisée pour la caractérisation spatiale des zones à risque d'inondation est : l'approche qualitative fondée sur l'appréciation géographique des paysages où sont prises en compte des données telles que les sols, les pentes et la végétation (FAO, 1980, p.14 ; J.M., AVENARD, 1972, p.139). Celle-ci a été retenue, en raison de l'existence des cartes thématiques sur la pédologie, la topographie et la végétation de la zone d'étude. Le modèle de type système expert qui utilise une méthode de croisement de paramètres sous forme de combinaison logique a été choisi. Les données sont ensuite intégrées et analysées dans un Système d'Information Géographiques (SIG) qui après superposition, permet d'obtenir la carte des zones à risque d'inondation de Brazzaville.

L'évaluation de l'aléa se fonde sur les phénomènes hydroclimatiques et leurs conséquences sur l'écoulement des eaux. Il s'agit des hauteurs pluviométriques et de la couverture du sol.

La pluviométrie est un facteur précurseur important dans la survenue des inondations. Ainsi l'occurrence et l'intensité des pluies sont des paramètres naturels prépondérants qui ne sont pas maîtrisables, quelles que soient les dispositions de prévention (D. KOUMASSI, 2019, p.211).

Un deuxième paramètre est le couvert végétal, qui retient une proportion variable de la pluie (eau d'interception) au cours d'une averse. Il régularise le débit des cours d'eau et amortit les crues de faible et moyenne amplitudes. Par contre, son action sur les débits extrêmes causés par des crues catastrophiques peut être réduite (D. KOUMASSI, 2019, p.213).

3. Résultats et discussion

3.1. Relief du site urbain de Brazzaville

La topographie est constituée de plateaux étagés ceinturant une plaine alluviale (figure 2). En effet, la ville de Brazzaville qui se développe le long de la rive droite du fleuve Congo, en face de Kinshasa, la capitale de la République Démocratique du Congo, occupe le plateau de Mbé, d'altitude moyenne de 550 m environ, qui lui, s'étend depuis le nord, l'ouest jusqu'au sud-ouest de la ville où il se raccorde, par une série de collines, au plateau des cataractes qui occupe le sud et le sud est avec une altitude moyenne d'environ 400 m. Ces deux plateaux sont découpés par des vallées drainées par des cours d'eau dont certains traversent la ville et se jettent dans le fleuve Congo à l'est (figure 2).

Au pied de ces deux grandes unités topographiques se développe le plateau tabulaire de Maya-Maya d'environ 360 m d'altitude moyenne qui fait le tour de la ville depuis le nord-est, l'ouest et le sud-est où il surplombe le fleuve Congo de 45 m environ. Le plateau de Maya-Maya, densément occupé, est découpé par plusieurs vallées dont les versants dépassent ici 10 % de pente (J.P. MABIALA, 1976, pp.5-6). Il domine à son tour une plaine alluviale qui s'étend depuis le centre de la ville jusqu'au nord-est où elle débouche sur le fleuve Congo avec une altitude moyenne de 280 m.

Ce relief de Brazzaville (figure 2) constitue une transition entre le plateau de Mbé au nord et celui des cataractes au sud. Cette topographie intermédiaire est vallonnée et ravinée avec une altitude comprise entre 300 et 320 m. Son inclinaison est nord-ouest-sud-ouest et correspond aux arrondissements de Baongo, Makélékélé, Mfilou, Djiri et Talangäi. Les collines surplombant la partie ouest de Brazzaville occupent une bonne partie des arrondissements de Mfilou, Djiri et Talangäi. La plaine, naturellement marécageuse, est située à l'est et au nord-est de la ville avec une altitude comprise entre 275 et 285 m. Elle couvre les arrondissements de Poto-Poto, Mougali, Ouenzé et une partie de Talangäi.

Le plus bas-relief de la ville de Brazzaville est ainsi constitué par ces arrondissements où la pente ne dépasse pas 4°. Cependant, au niveau des zones de collines de Djiri, Mfilou et de l'extrême nord-ouest de Madibou, la pente avoisine 30° (figure 2).

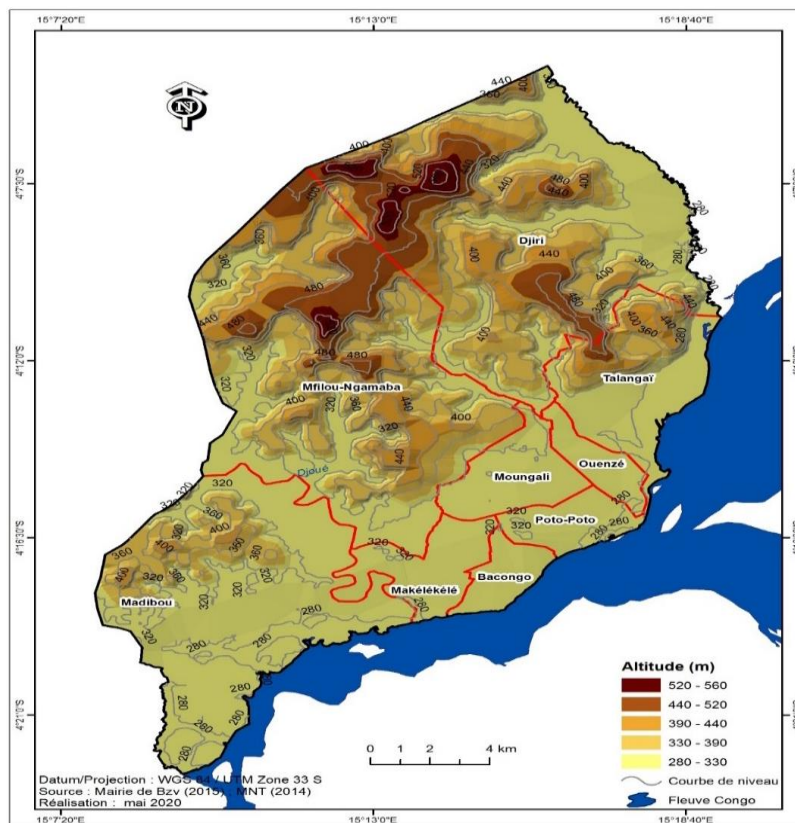


Figure 2 : Carte du relief du site urbain de Brazzaville

3.2. Pentes du site urbain de Brazzaville

De l'examen de cette carte (figure 3), il ressort qu'on peut distinguer trois (3) zones géographiques ayant chacune son comportement vis-à-vis du phénomène d'inondation. La première zone couvre les arrondissements de Makélékélé, Baongo, Poto-Poto, Mougali, Ouenzé, la partie sud de Talangai et la partie nord de Madibou. Cette zone enregistre les pentes qui varient entre 0 à 10%. Ici les pentes sont très faibles voir nulles. Cette zone est beaucoup exposée au phénomène d'inondation. La deuxième zone renferme la partie sud de Madibou avec les pentes variant entre 10 à 20%. La troisième zone occupe la partie nord de Talangai ayant les pentes de 20 à 30%. Enfin, la quatrième zone est remarquable dans les arrondissements de Djiri et Mfilou-Ngamaba. Les pentes varient entre 30 et 40%. Ces arrondissements occupés par rapport aux autres correspondent aux zones de collines où les pentes des versants sont dans l'ensemble autour de 30% ou supérieures à 30% (figure 3).

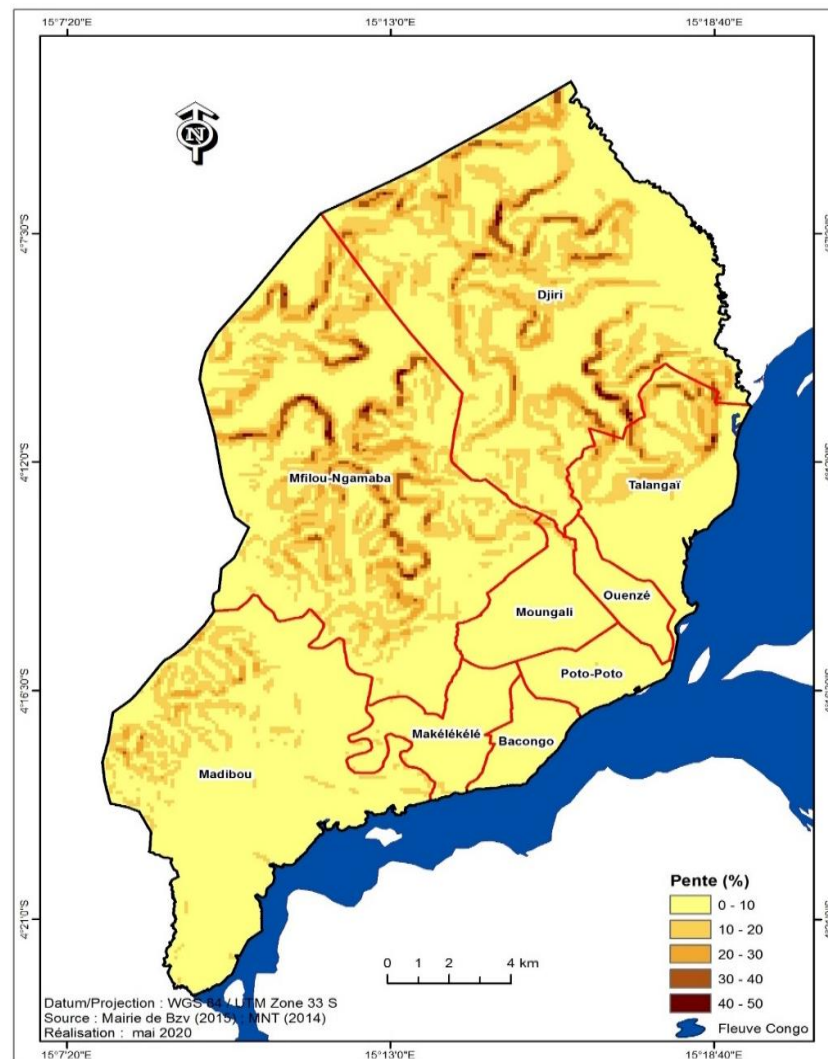


Figure 3 : Carte des pentes du site urbain de Brazzaville

3.3. Occupation des sols du site urbain de Brazzaville

Les sols sont particulièrement importants. Sur les pentes, les berges des rivières, les falaises, les collines et les talus. Les catastrophes érosives que nous enregistrons à Brazzaville notamment dans les arrondissements de Talangai et Mfilou en sont des illustrations évidentes. On aurait donc avantage à protéger les endroits fragiles en conservant la végétation ou en l'implantant là où elle est absente. La carte d'occupation des sols du site de Brazzaville (figure 4) présente quatre (4) zones. La première zone est celle qui occupe le couvert végétal avec une dominance au niveau des arrondissements de Djiri, Madibou et Mfilou-Ngamaba. La deuxième zone marquée par une présence accrue du bâti dans les arrondissements de Makélékélé, Bacongo, Poto-Poto, Moundali, Ouenzé et une moitié de Talangai dans la partie

ouest. La troisième zone est marquée par le plan d'eau parsemé dans les arrondissements de Djiri, Mfilou-Ngamaba, à l'est de Talangai et une partie de Madibou. La quatrième zone avec des sols nus qui se font voir à Djiri, Talangai, Poto-Poto, à l'est de Ouénzé, au centre de Mfilou-Ngamaba et une partie de Madibou (figure 4).

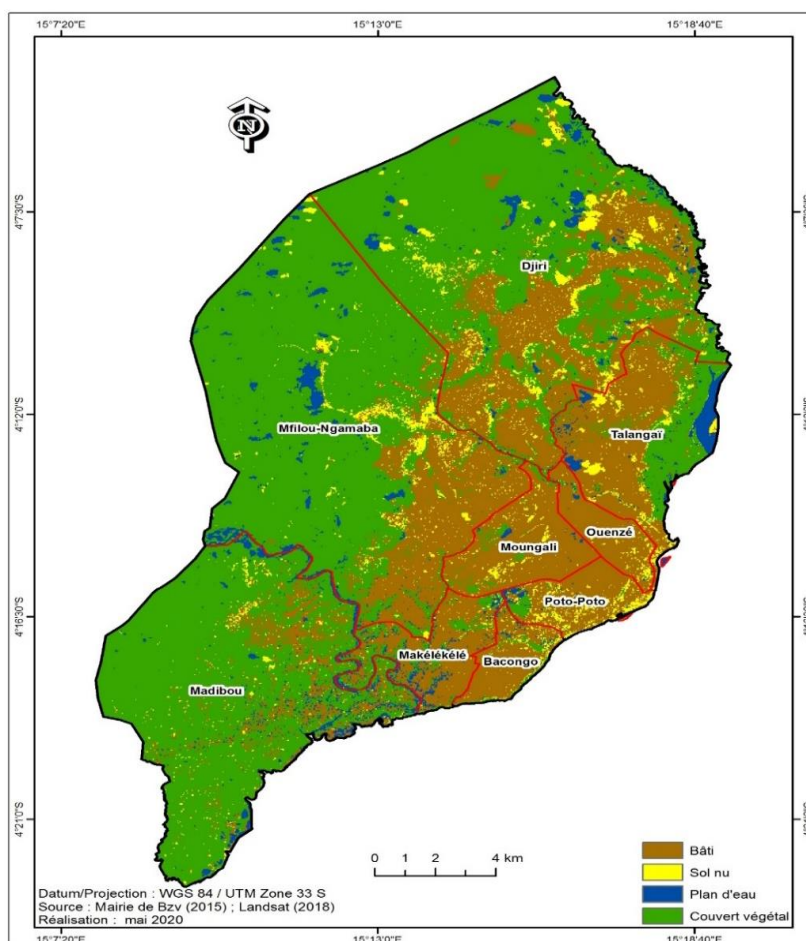


Figure 4 : Carte de l'occupation des sols du site urbain de Brazzaville

3.4. Zone à risques d'inondation du site urbain de Brazzaville

La figure 5 présente la répartition spatiale des zones à risque d'inondation dans le site urbain de Brazzaville, obtenue après la combinaison et le traitement des différents paramètres qui ont permis de déterminer les zones de vulnérabilité faible, moyenne et forte. Ainsi, les zones à forte vulnérabilité représentent environ 23 % de la superficie et sont majoritairement situées dans les lits majeurs des cours d'eau permanents et dans les terrains à faible pente. Les zones moyennement vulnérables à l'inondation sont situées dans le lit majeur des cours temporaires et dans les zones à pentes moyenne soit 11% du site urbain. Ces zones à sensibilité forte et moyenne aux inondations se trouvent dans la plaine où le degré de pente est faible ($< 5^\circ$). Le reste c'est-à-dire

les zones faiblement vulnérables à l'inondation sont constituées des parties à pente forte. Elles se trouvent sur les plateaux et les collines, les terrains à pente forte ($> 10^\circ$), dont le couvert végétal est absent, sont les plus sensibles à l'érosion hydrique. La carte des risques d'inondation (figure 5) a été obtenue à partir de la superposition des deux cartes précédentes, la carte de pente (figure 3) et la carte de l'occupation des sols (figure 4).

Cette carte (figure 5) permet de distinguer deux (2) zones géographiques ayant chacune son comportement vis-à-vis du phénomène d'inondation. La première zone couvre les arrondissements de Djiri, Talangai, Ouenzé et Poto-Poto dans la partie est, la partie sud de Madibou et les rives de la rivière Mfilou qui sont des zones bâties sur la plaine (figure 5). Ici, les pentes sont très faibles voir nulles.

Cette zone est en revanche sujette au phénomène d'inondation. La deuxième zone correspond aux arrondissements Makélékélé, Bacongo, Poto-Poto ouest, MOUNGALI, Madibou et Mfilou-Ngamaba bâtie sur le plateau tabulaire de Maya-Maya, peu vallonné.

Les eaux de pluies en provenance des collines (zone de pentes supérieures à 20%) ces dernières décennies à cause de l'occupation anarchique conduisent à une augmentation de la récurrence et à l'ampleur des événements soudains de grandes masses d'eau dans les vallées dépasse la capacité d'évacuation des fonds de vallées en l'occurrence dans les arrondissements de Makélékélé, Talangai, Mfilou-Ngamaba et Djiri. Ainsi les débordements des lits des rivières s'étalent dans les vallées à fond plat. A cet effet, le site urbain de Brazzaville dont une partie de ces arrondissements cités ci-dessus, bâtie dans une dépression est victime des inondations périodiques qui rendent les populations de plus en plus vulnérables (figure 5).

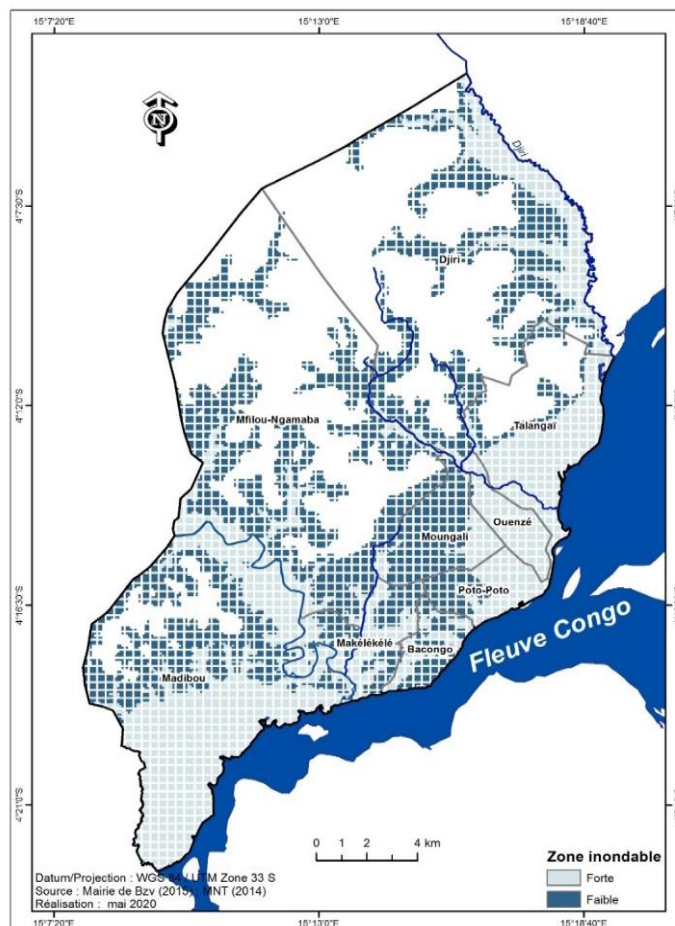


Figure 5 : Carte des zones à risques d'inondation du site urbain de Brazzaville

La caractérisation spatiale des zones à risque d'inondation dans la présente étude est faite suivant une approche méthodologique dont l'avantage réside dans l'exploitation et la mise en synergie des données multi sources. Cette approche utilisée déjà par plusieurs auteurs (D.H. KOUMASSI, 2014, p.96 ; H.V. N'GUESSAN BI., 2011, pp.4-5 ; M.B. SALEY et al, 2005, pp.64-65) permet de définir des descripteurs de pentes, des sols et de l'occupation des sols dont la combinaison donne la carte des zones à risque d'inondation. Brazzaville est actuellement l'un des sites urbains du Congo les plus affectés par les phénomènes morpho-climatiques (inondation et ensablement). L'étude sur la caractérisation spatiale par SIG des zones à risque d'inondation dans le site urbain de Brazzaville est encore à un stade embryonnaire. Toutefois, quelques travaux dans la ville de Yaoundé et sa périphérie confirment partiellement nos résultats.

De nombreux auteurs incriminent la responsabilité grandissante de l'homme dans les causes des inondations. Selon (Z.N. FOGWE and al, 2001, p.135), la recrudescence des inondations de Yaoundé ne s'explique pas uniquement par la croissance urbaine, mais surtout par des lacunes dans la planification en matière d'aménagement urbain. Dans le même sens,

(F. BAHOKEN et al, 2003, pp.6-7) démontrent que ce phénomène est à la fois accentué par la progression d'une urbanisation mal maîtrisée et par une inadaptation des réseaux d'assainissement ne permettant pas ou plus la gestion et l'évacuation des eaux. Partant de ce constat, les inondations ne devraient plus être considérées comme des risques naturels dans la ville mais plutôt comme des risques inhérents à la croissance de la ville (V. NOVEMBER, 1994, p.114). Le fait même qu'une catastrophe frappe et produise des dommages devrait être interprété comme l'une des manifestations d'un développement mal géré (M. MATHIEU, 2015, p.58). Les indicateurs anthropiques de vulnérabilité renvoient à l'ensemble des actions posées par l'homme qui favorisent son exposition aux inondations. La croissance démographique, souvent couplée à un exode rural massif et encore actif dans certains pays en développement, a contribué à urbaniser de plus en plus des sites à risques (I. MBADINGA et al, 2019, p.218). (ONU-Habitat, 2010, p.33) montre que les inondations récurrentes de plusieurs villes d'Afrique Centrale procèdent de multiples facteurs mais sont surtout consécutives au comportement humain, notamment la croissance démographique soutenue, associée à l'implantation des populations dans les zones sujettes aux inondations. Des études récentes (I. VANDECASTEELE, 2011, pp.128-129; I. VANDECASTEELE and al, 2010, p.284) montrent que de plus en plus de villes en Afrique Centrale sont confrontées à des problèmes d'inondation suite à la dégradation de l'environnement.

Conclusion

La caractérisation spatiale des zones à risque d'inondation, à l'aide du Système d'Information Géographique (SIG) a permis de mieux comprendre cette dynamique. Ces résultats manifestent l'intérêt de l'utilisation du SIG dans l'évaluation de la vulnérabilité aux inondations dans le site urbain de Brazzaville. Les zones les plus vulnérables sont principalement concentrées dans les zones de pentes faibles ou nulles (0 à 10%). Contrairement, aux zones moins exposées qui se caractérisent par des pentes élevées (supérieures à 20%). Les bas-fonds ou les basses terres sont le théâtre des ensablements pour les fonds de vallées et des inondations pour les plaines.

La présente étude revêt donc tout son intérêt car elle permet de spatialiser le risque d'inondation afin d'identifier les zones à risque d'inondation nécessitant une intervention prioritaire. La prise en compte de ces résultats pourraient contribuer à la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation encore plus précis, et offrir aux décideurs des informations fiables et

utiles dans le processus d'aménagement des zones inondables et de gestion des risques d'inondation. Bien que comportant des limites, cette étude se veut une contribution à la prévention des catastrophes naturelles, en l'occurrence les inondations.

Références bibliographiques

AVENARD J.M., 1972, « Approche cartographique des formations superficielles dans la zone du contact forêt-savane en Côte-d'Ivoire », Paris, Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum, Vol. IX, n°2, p.137-140 ;

BAHOKEN F. et AKOA S., 2003, *La prévention des risques liés aux inondations au Cameroun. Dossier* (enjeux N° 16 juillet – Septembre 2003), 22 p ;

BERZ G., 2000, *Flood disasters : lessons from the past - worries for the future, Actes de colloque, Water and Maritime Engineering, Proceedings of the institution of Civil Engineers*, Vol. 142 ;

FAO, 1980, *Méthode provisoire pour l'évaluation de la dégradation des sols*, Rome, ed. FAO, 88 p ;

FOGWE Z.N., and LAMBI C. M., 2001, « Combating Inundation in some Cameroonian Cities: An appraisal of Indigenous Strategies ». In C. M. Lambi (ed) *Environmental Issues: Problems and Prospects* Unique Printers and Publishers, Bamenda, pp.133 – 146.

HANGNON H., DE LONGUEVILLE F., OZER P., 2015, *Précipitations extrêmes et inondations à Ouagadougou : Quand le développement urbain est mal maîtrisé*. XXVIII^e colloque de l'association internationale de climatologie. pp.497-502.

HOUGHTON J., DING T., GRIGGS D.J., NOGUER M., VAN DER, LINDEN P.J., XIAOSU D. and JOHNSON C.A., 2001. *The Scientific Basis, Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of IPCC. Climat Change 2001*. Cambridge, Cambridge University press, UK, 94p.

KOUMASSI D. H., 2019, « Caractérisation spatiale du risque d'inondation dans le bassin versant de la Volta au Bénin », XXII^{ème} Colloque Internationale de l'AIC, Thessaloniki - Grèce, pp.211-216.

KOUMASSI D. H., (2014), « Risques hydro climatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota à l'exutoire de Coubéri ». Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey Calavi, 245p.

MABIALA J.F., 1976, « Morphologie du site de Brazzaville et de ses environnants ». TER de géographie Tropicale, Bordeaux III-CESB. France, pp.1-20.

MASSOUANGUI KIFOUALA M., 2019, « Vulnérabilité du site urbain de Brazzaville (République du Congo) face à la menace climatique et à la pression démographique », *Afrique science* 15(6), pp.206 – 217.

MATHIEU M., 2015, « Energie, climat et environnement : des enjeux au cœur de nouveaux paradigmes de développement ». In « l'Enjeu mondial, l'environnement », Paris, Sciences Po les Presses, pp.157-166.

MAYIMA B. A., DITENGO C., et GOMA BOUMBA H. B., 2018, « Croissance spatiale et phénomènes morpho-climatiques dans la ville de Brazzaville au Congo », Revue de Géographie, d'Aménagement Régional et de Développement du Sud, pp.37-48.

MAYIMA B. A., SITOU L., GOMA BOUMBA B. H. et SAMBA-KIMBATA M. J., 2016, « Cartographie des zones à risque d'érosion hydrique à Brazzaville (Congo) par les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) », Annales de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines Université d'Abomey-Calavi (Bénin) Vol 1, N°22, pp.89-101.

MBADINGA I., INDJIELEY M. et MALOBA M., 2019, « Quelques indicateurs de vulnérabilité aux inondations dans le bassin-versant de l'Ogooué à Lambaréné », XXIIème Colloque Internationale de l'AIC, pp.217-222.

N'GUESSAN BI.V. H., 2011, « Etude de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau : application à l'analyse du risque d'inondation dans le département de Sinfra (centre-ouest de la Côte d'Ivoire) », Rapport final du projet individuel, 2iE, 42p.

NOVEMBER V., 1994, « Risques naturels et croissance urbaine : réflexion théorique sur le rôle et la nature du risque dans l'espace urbain ». Revue de géographie alpine, tome 82, n°4, pp. 113-123.

ONU-Habitat, 2010, « L'Etat des villes africaines 2010 ». Gouvernance, inégalité et marchés fonciers urbains, 279 p.

SALEY M.B., KOUAME F.K, PENVEN M.J, BIEMI J. et BOYOSSORO H., 2005, «Cartographie des zones à risque d'inondation dans la région semi-montagneuse à l'Ouest de la Côte d'Ivoire : apport des MNA et de l'imagerie satellitaire ». Télédétection 4, pp. 277–288.

SENE S. et OZER P., 2002, « Evolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux aux Sénégal ». Bulletin de la Société géographique de Liège, 42, pp. 27-33.

VANDECASTEELE I., MAKANZU F., TUMWAKA C., NTOMBI A.M., TEFOIS P., OZER P. and MOEYERSONS J., 2011, « The increasing threat of natural hazards in Central Africa: the case of urban megacities ». 23rd colloquium of African Geology, January 8-14, 2011, 407p.

VANDECASTEELE I., MOEYERSONS J. and TREFOIS P.H., 2010, « An assessment of the spatial and temporal distribution of natural hazards in central Africa ». Jürgen Runge (ed), Paleocology of Africa 30, special issue : African Palaeoenvironments and Geomorphic Landscape Evolution, pp.279-300.