



**Contrat de rivière et résilience de la population face à la mauvaise gestion de l'environnement et aux risques des inondations dans le bassin versant de la Kalamu à Boma
(Kongo Central, RD Congo)**

**River contract and the resilience of the population in the face of poor environmental management and the risk of flooding in the Kalamu watershed in the City of Boma
(Central Kongo, DR Congo)**

Alexis VUNI SIMBU^{1*}, Modeste KISANGALA MUKE², Fidel PUELA PUELA³, Francis LELO NZUZI⁴, Ruben KOY KASONGO⁵, Jules ALONI KOMANDA⁶, François MALAISSE⁷ & Clément NZAU UMBA-di-MBUDI⁸

Abstract: The Kalamu River and its watershed is subject to strong anthropogenic pressures with a negative impact on the environment. The deterioration of the drainage system, anarchic urbanization, galloping demographic growth, are important factors at the origin of recurrent floods. The degradation of this drainage network is due to the fact that the system is obstructed by wastes of all kinds (plastic bottles, glasses, cans, hospital wastes, bags and papers, textiles, organic and plant residues). The lack of dredging of the Kalamu river and maintenance of the city obsolete drainage system cause many problems such as silting up and recurrent flooding. This problem of river management is acute. The impacts are visible endangerment of human health and the environment.

Keywords: River contract, Flood, Resilience, Drainage, Kalamu, Boma.

Résumé : La rivière Kalamu et son bassin versant est sujette à une forte pression anthropique avec un impact négatif sur l'environnement. La détérioration du système de drainage, l'urbanisation anarchique, la croissance démographique galopante, sont des facteurs importants à l'origine des inondations récurrentes. La dégradation du réseau de drainage urbain est due au fait que celui-ci est obstrué par des déchets de tous genres (bouteilles en plastiques, verres, canettes, déchets hospitaliers, sachets et papiers, textiles, des résidus organiques et végétaux). Le manque de curage du lit de la rivière et d'entretien des caniveaux engendrent de nombreux problèmes tels que la perte de la mouille, l'ensablement et des inondations récurrentes. Le problème de gestion de la rivière dans la partie urbaine se pose avec acuité. Les impacts sont visibles mettant en danger la santé humaine et l'environnement.

Mots-clés : Contrat de rivière, Inondation, Résilience, Drainage, Kalamu, Boma.

INTRODUCTION

Depuis 2007, la moitié de la population mondiale vit en milieu urbain (UN-HABITAT, 2007). Compte tenu de ce niveau atteint, il est attendu que la population totale vivant en ville double dans les 30 prochaines années. L'urbanisme rapide s'accompagne généralement d'un étalement urbain important (ONU, 2016). L'étalement urbain qui en résulte est à lui seul générateur de nombreux risques puisque d'un côté, on aboutit à construire la ville dans des zones où les aléas sont plus forts, d'un autre côté, les réseaux de drainages urbains ne sont plus adaptés et/ou sous dimensionnés pour la collecte et l'évacuation des eaux pluviales et usées (BACHOC et al., 1999 ; DOUSSIN, 2009).

¹ Doctorant à la Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo, Adresse mail : yunitresor@gmail.com

² Professeur, Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo, Adresse mail : modestekis@gmail.com

³ Doctorant à la Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo, Adresse mail : ffpuela1@gmail.com

⁴ Professeur Ordinaire, Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo, Adresse mail : lelolonzuzi@yahoo.fr

⁵ Professeur Ordinaire, Laboratoire de Pédologie-Géochimie/ Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, B.P. 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo, Adresse mail : kasongo125@yahoo.fr

⁷ Professeur émérite, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, malaisse1234@gmail.com

⁸ Professeur, Groupe de recherche Géo-Hydro-Energie/ Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologies, B.P. 190 Kinshasa XI, République Démocratique du Congo, Adresse mail : clement.mbudi@unikin.ac.cd

Les inondations récurrentes créent des conditions d'insalubrité qui aggravent la vulnérabilité de la population (MASSE et al., 2018). Le constat est qu'avant l'indépendance, les communes de la ville de Boma étaient dotées de caniveaux d'eaux pluviales, où le plan d'urbanistique a été mis en œuvre par les Belges. Malheureusement après l'indépendance, le réseau d'assainissement n'a pas totalement accompagné l'étalement urbain. Les réseaux existants de voirie et de drainage sont insuffisants. Les caniveaux ont besoin d'être réhabilités, reconstruits et/ou redimensionnés en tenant compte d'évolution démographique. Par ailleurs, dans les nouvelles extensions de la ville de Boma, il n'existe généralement aucun système de drainage des eaux pluviales.

A chaque pluie diluvienne, la ville de Boma enregistre beaucoup de dégâts surtout dans les quartiers spontanés érigés sur la plaine. En novembre 2015 et en décembre 2016, il y a eu des averses qui se sont abattues causant des inondations dramatiques. Les conséquences étaient désastreuses à savoir : 40 personnes décédées, 13 corps disparus et 27 corps inhumés, en outre 24.160 personnes sont restées sans abris, 3.465 ménages sinistrés ont été recensés et devraient être délocalisés.

Enfin, 1.181 maisons se sont écroulées dans l'ensemble de la ville de Boma à savoir : la commune de Kalamu (882 maisons), la commune de Nzadi (148 maisons), la commune de Kabondo (2 maisons), ainsi que les agglomérations Sindi (119 maisons), Lovo/Manterne à Boma Bungu (30 maisons) (BAD, 2017). L'objectif de la présente recherche est d'analyser les facteurs et les conséquences des inondations sur l'habitat environnant. L'intérêt d'une telle recherche est indéniable, car elle s'intéresse à la fois aux problèmes socioéconomiques et aux problèmes environnementaux.

METHODES D'ETUDE

Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans le bassin versant de la rivière Kalamu à Boma, compris entre 13°00'00'' et 13°11'30'' de longitude Est et 5°39'0'' et 5°01'00'' de latitude Sud. Avant de se jeter dans le fleuve Congo aux environs du port de Boma, la rivière Kalamu draine trois communes de la ville de Boma « Kabondo, Nzadi et Kalamu » (VUNI et al., 2020). Le climat de la zone sous étude est tropical humide du type Aw4 selon la classification de Köppen ; elle comprend une saison sèche de quatre mois sans pluies (juin à septembre), une saison pluvieuse (octobre à avril), mai et octobre constituant des mois de transition. La température moyenne annuelle est de 25,2°C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 870,6 mm. Dans cette contrée plusieurs cultures vivrières sont réalisées, notamment le manioc, le maïs et des haricots. Enfin, le lit de la rivière est utilisé pour du maraîchage (VUNI et al., 2022).

La géologie de Boma se compose du socle précambrien, des formations sédimentaires du crétacé et des dépôts superficiels quaternaires. Le socle précambrien est formé de massifs granitiques qui sont essentiellement des micaschistes, des amphibolites, des gneiss et des massifs intrusifs basiques. Ce socle se développe sous les collines de l'Est et de l'Ouest de la ville. Les formations sédimentaires du crétacé sont des roches détritiques datées du crétacé, généralement connues sous l'appellation de « grès sublittoraux ». Leur extension correspond à la dépression de Kalamu. Ces grès sublittoraux regroupent des types lithologiques variés : conglomérats à galets quartzeux, grès proprement dits, argiles, etc... Les dépôts superficiels quaternaires sont les alluvions des cours d'eau actuels : sables et limons.

La végétation de Boma se distingue principalement par la savane et les galeries forestières. Toutefois, la forêt de Mayombe borne sa partie Nord et Nord-Ouest. A côté, on rencontre la grande forêt de Mangrove. Avec les 35.000 hectares, de la réserve de Luki et ses environs, 30.000 hectares pour le parc des mangroves, Boma dispose de deux écosystèmes qui constituent en partie sa biodiversité. La végétation de Boma est constituée par une forêt claire et une savane boisée avec quelques lambeaux de forêts galeries ombrophiles (palmiers, arbustes, quelques fougères), qui font suite à la forêt dense humide du Mayombe (MBUANGI et al., 2021). Le bassin versant de la rivière Kalamu à Boma a une superficie de 68,84 km² et un périmètre de 44,36 km. La Figure 1 illustre la carte du bassin de la rivière Kalamu à Boma (VUNI, 2020). Son indice de compacité de Gravelius (KG) :

$KG = \frac{p}{2\sqrt{\pi \cdot A}} = 0,28 \cdot \frac{44,36}{\sqrt{68,84}} = \frac{44,36}{8,30} = 5,3445 \times 0,28 = 1,50$ ce qui confère la forme allongée accompagnée de fortes inondations dans sa partie urbaine. Par ailleurs, le débit moyen Qm de la rivière Kalamu est:

$Qm = 16,12m^2 \times 2,31m/s = 37,24 m^3/s$. Le débit de la rivière Kalamu est très limité, étant donné la faible étendue de son bassin versant et les conditions climatiques caractérisées par une longue saison sèche.

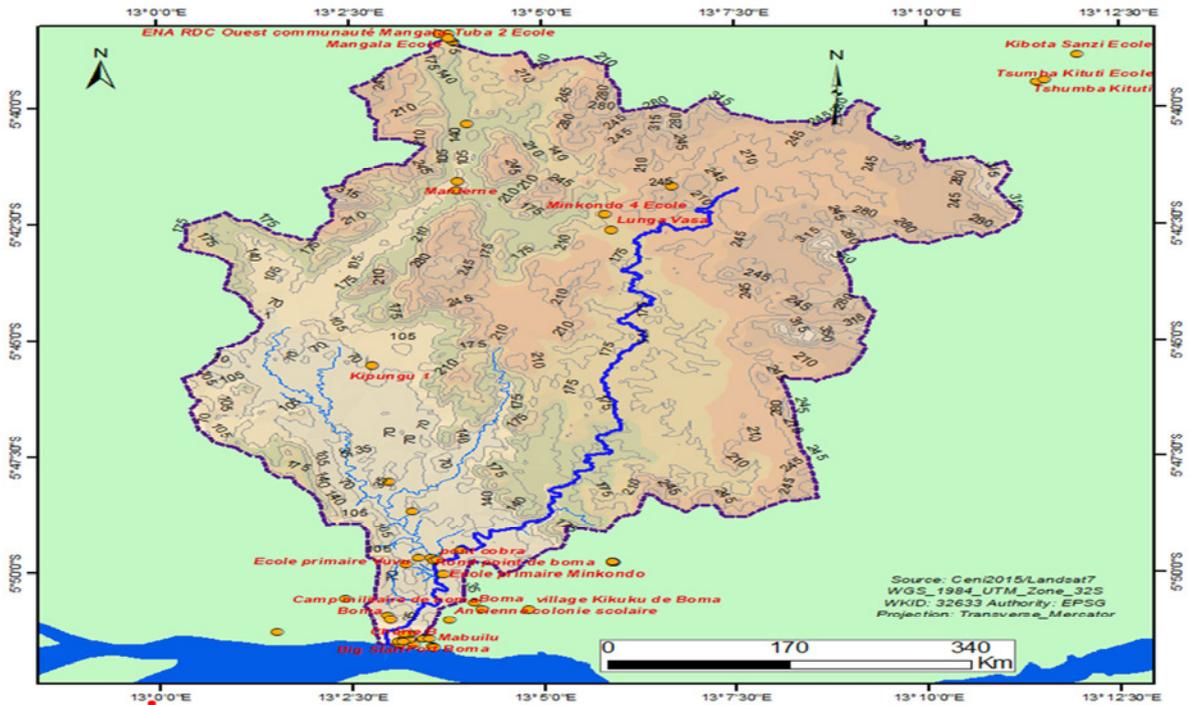


Figure 1.- Bassin versant de la rivière Kalamu à Boma (adaptée de la CENI, 2015).

La Figure 2 donne une idée sur les données annuelles de pluviométrie de 1992 à 2021 pour la station météorologique de la ville de Boma. Une certaine régression de la pluviométrie a été observée pour les années 2007, 2010 et 2013. La moyenne générale des précipitations pour la période 1992 à 2021 est de 808 mm.

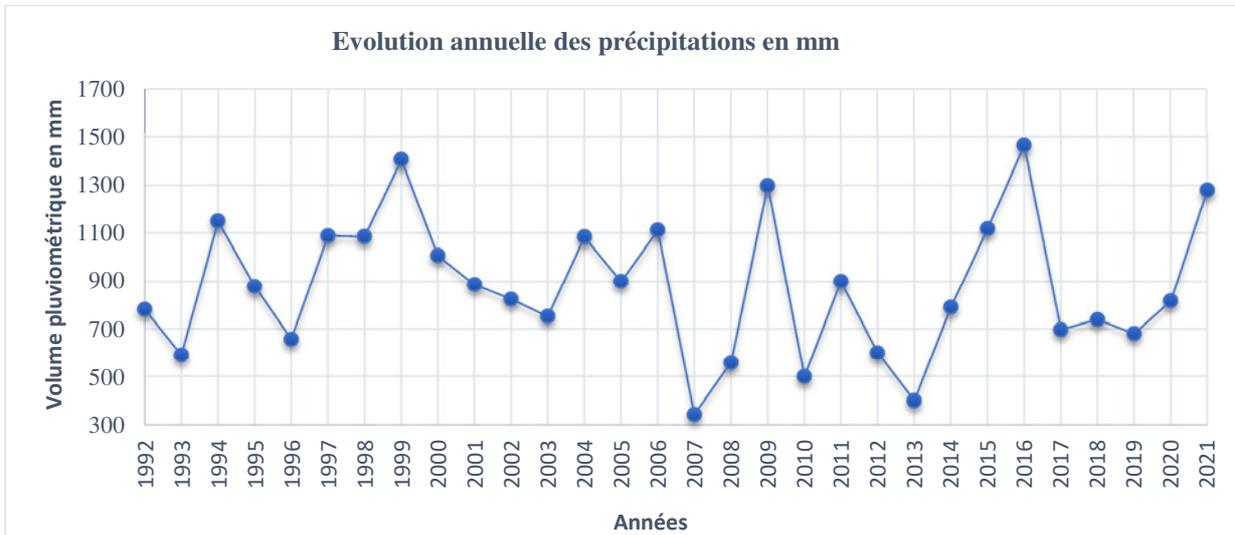


Figure 2.- Données pluviométriques de la ville de Boma de 1992 à 2021.

Le profil longitudinal de la rivière Kalamu a une longueur de 10 km partant de la station Intu popi jusqu'à l'exutoire sur le fleuve Congo, la figure 3 montre le profil en long de la rivière Kalamu à Boma.

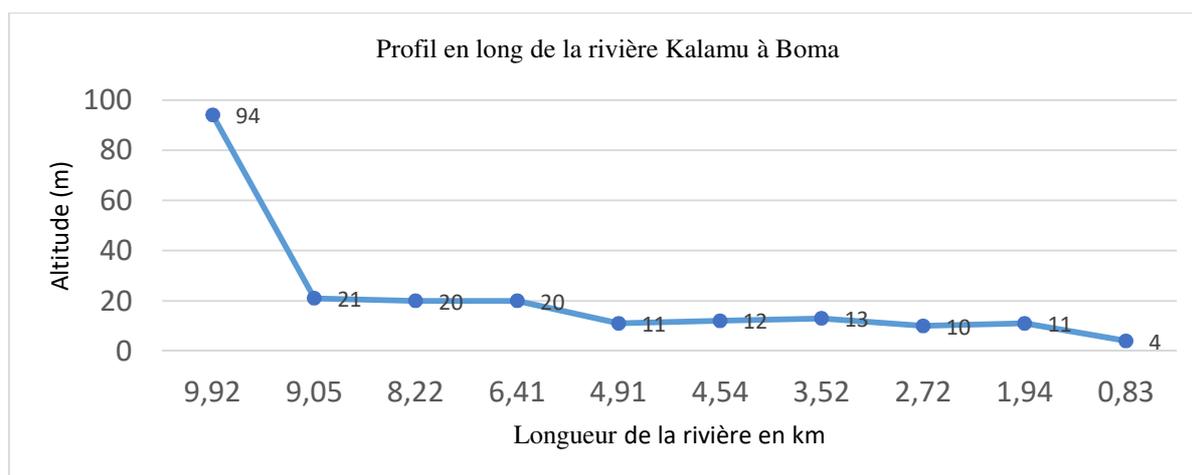


Figure 3.- Profil en long de la rivière Kalamu à Boma.

Méthodes

Cette étude a été menée à l'aide de recherches documentaires et d'investigations de terrain, d'enquêtes, d'observations directes, interviews et de prise de photos. La collecte des données sur le terrain a été réalisée par des enquêtes, par sondages et des entretiens semi-structurés avec des acteurs clés. Ces enquêtes ont été administrées dans un premier temps aux acteurs qui ont été au moins une fois des sinistrés des inondations à travers des questionnaires fermés, semi-fermés et ouverts.

Les questions ont été adressées à un total de 580 acteurs. Le diagnostic est apparu important pour pouvoir dresser un état des lieux du bassin versant. Les réponses données ont été saisies et exploitées graphiquement utilisant le logiciel SPSS 20. La localisation géographique des points a été réalisée par le Global Positioning System (GPS). Les logiciels Arcgis 10.8 et Qgis 3.18, ont été utilisés pour l'élaboration des cartes. Excel et MS Word ont été utilisés respectivement pour l'élaboration des figures et le traitement de textes.

RESULTATS

Les résultats de l'état des lieux sont présentés au Tableau 1 et illustrés par les Figures 4 à 12. Ces données montrent l'état actuel de la rivière Kalamu. On y observe des constructions anarchiques, la présence des déchets solides dans les caniveaux et dans la rivière Kalamu, cette dernière en crue, le mur pour lutter contre les inondations, des maisons endommagées par les inondations et l'érosion des berges.

Tableau 1.- Etat des lieux actuels de la rivière Kalamu.

Paramètres observés	Cause probable	Effets	Intervention nécessaire	Réalités
Constructions anarchiques dans le lit majeur	Maisons construites dans le lit majeur	Inondation, déforestation	Délocaliser la population dans le lit majeur	Constructions anarchiques 4 
Caniveaux bouchés non opérationnels	Manque d'entretien de caniveaux	Obstruction de caniveaux	Curer les caniveaux	Caniveaux encombrés par des déchets 5 

Inondation.	Pluies diluviennes.	Habitants les pieds dans l'eau, risques de maladies.	Mettre en place un système d'alerte précoce, Curer régulièrement la rivière.	Rivière Kalamu en crue. 6 
Déchaussement de fondation.	Inondation.	Réduction du lit majeur de la rivière.	Interdiction de construire dans les zones inondables.	Mur pour lutter contre les inondations. 7 
Destruction de maisons par les inondations.	Constructions dans les zones inondables.	Pertes en biens matériels.	Interdiction de construire dans les zones inondables.	Maisons endommagées par les inondations. 8 
Destruction de maisons par les inondations.	Constructions dans les zones inondables.	Pertes en biens matériels.	Interdiction de construire dans les zones inondables.	Maisons endommagées par les inondations. 9 
Maisons construites dans les berges de la rivière.	Anarchie foncière	Destructions dans les berges.	Interdiction de construire dans les berges de la rivière.	Hôtel construit dans les berges. 10 
Constructions anarchiques sur les berges.	Occupations anarchiques de berges.	Destructions des maisons.	Lutter contre l'érosion des berges.	Erosion des berges. 11 

Présence des déchets solides dans la rivière.	Mauvaise gestion des déchets solides.	Bouchage du lit mineur de la rivière.	Enlever les déchets solides dans la rivière.	Déchets solides dans la rivière. 12 
---	---------------------------------------	---------------------------------------	--	---

Origine des inondations

Les résultats des enquêtes sont révélateurs. La Figure 12, indique que sur un total de 580 répondants, 16 % sont pour la construction anarchique, 15 % disent que la déforestation est à la base des inondations, 14 % pensent que le manque d'entretien de la rivière, 13 % considèrent le manque d'entretien des caniveaux, 12 % retiennent le réseau d'égouts, 11 % à l'ensablement dans la rivière, 10% le rejet des déchets dans la rivière et 9 % le changement climatique.

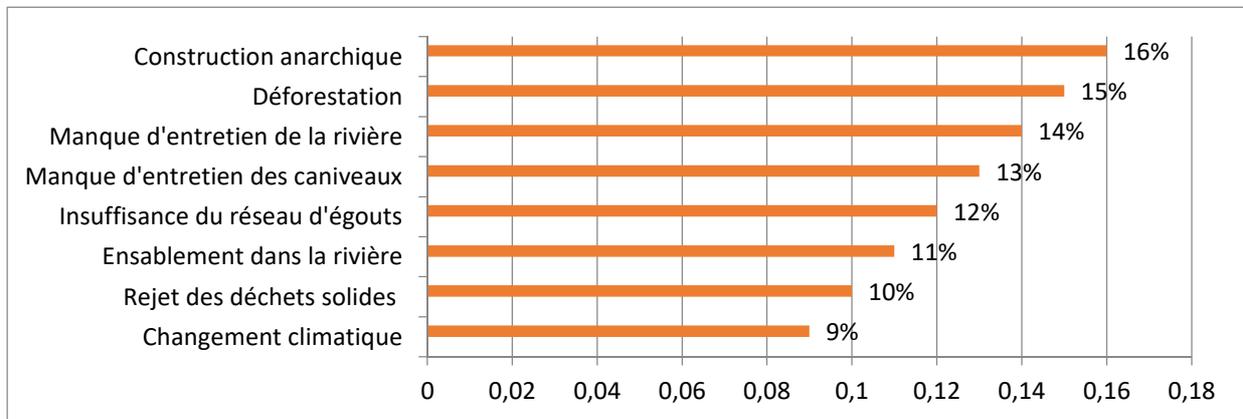


Figure 13.- Origine des inondations.

Fréquence de retour des eaux des pluies dans le lit mineur

Sur un total de 580 personnes enquêtées, le temps de retour des eaux d'inondation dans le lit mineur de la rivière Kalamu, il nous revient que 50% pensent à moins de 1 jour, 35% sont pour plus de 1 jour, 10% plus de 2 jours, 5% disent n'avoir jamais connu des inondations.

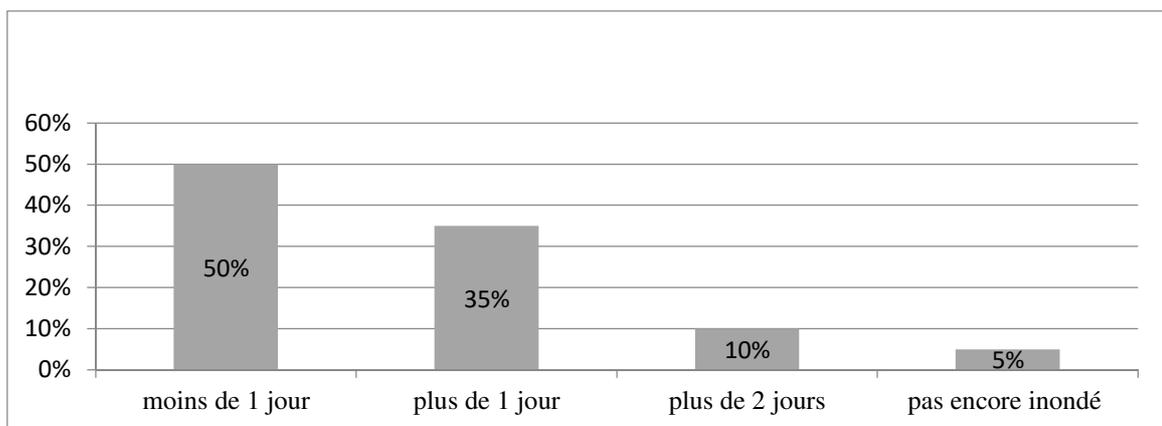


Figure 14.- Fréquence de retour des eaux des pluies dans le lit mineur.

Résilience des sinistrés pendant les inondations

A la question de savoir où dorment-ils pendant les inondations, 43 % ont parlé de la maison, 31 % partent chez le voisin ou dans une famille, 14 % dorment à l'église et 12 % disent à l'école.

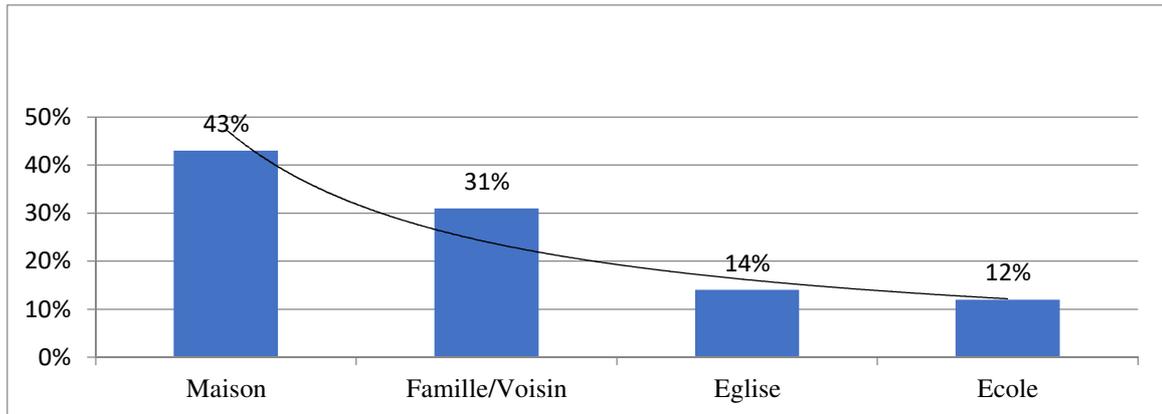


Figure 15.- Résilience des sinistrés pendant les inondations



Figure 16.- Une famille passe la nuit au balcon à cause des inondations.

Impacts des inondations

En ce qui concerne les impacts des inondations, la perte en vies humaines et de matériels domine avec 35%, 25% songent à la perturbation des activités humaines, 20% pensent à la destruction des sites agricoles, 15% constatent la coupure de l'eau et de l'électricité et 5% parlent de la destruction des maisons.

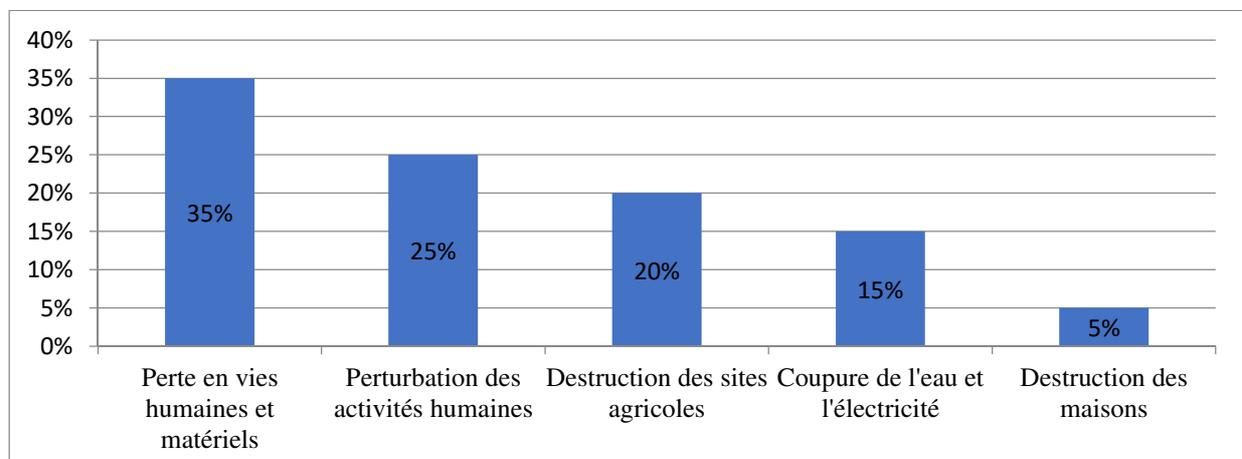


Figure 17.- Impacts des inondations.



Figures 18 et 19.- Maison abandonnée à cause des inondations.

Biens personnels perdus

La plupart des sinistrés interrogés affirment avoir perdu les champs dans les inondations 17 %, suivi par 16 % qui considèrent avoir perdu le mobilier, 15 % disent avoir perdu des tas de brique, 14 % pensent avoir perdu un tas de sable, 13 % ont perdu la totalité de leur salon, 10 % optent pour des ustensiles de cuisine, 9 % confirment avoir perdu des vêtements et 6 % affirment avoir perdu le stock de semences.

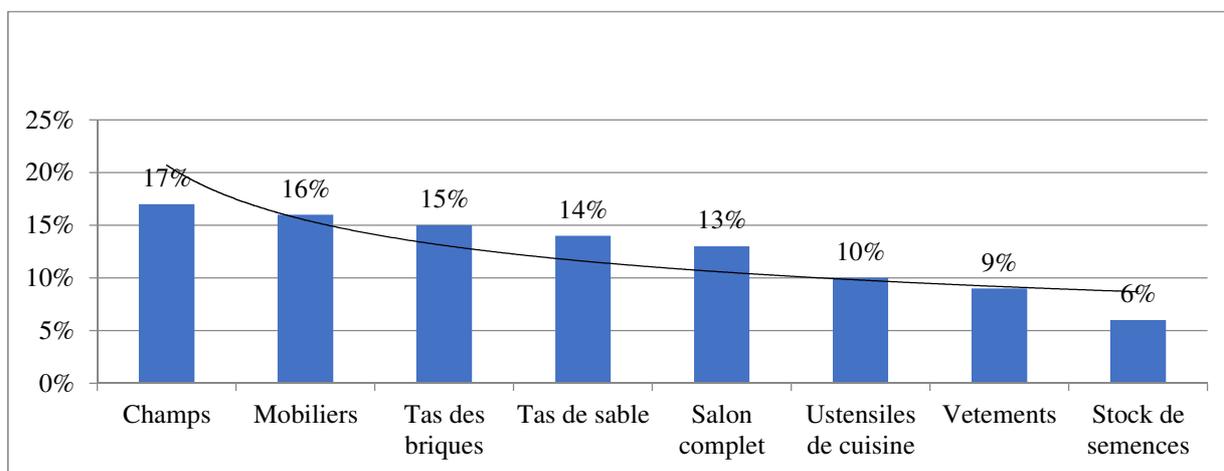


Figure 20.- Biens personnels perdus.

Comme le montre la figure 21, le nombre des décès par inondation et par années des inondations est de, en 1985 (3 morts), 1999 (0 mort), 2000 (0 mort), 2010 (0 mort), 2015 (4 morts), 2016 (40 morts), 2018 (0 mort), 2019 (2 morts), 2020 (2 morts), 2021 (3 morts) et 2022 (0 mort).

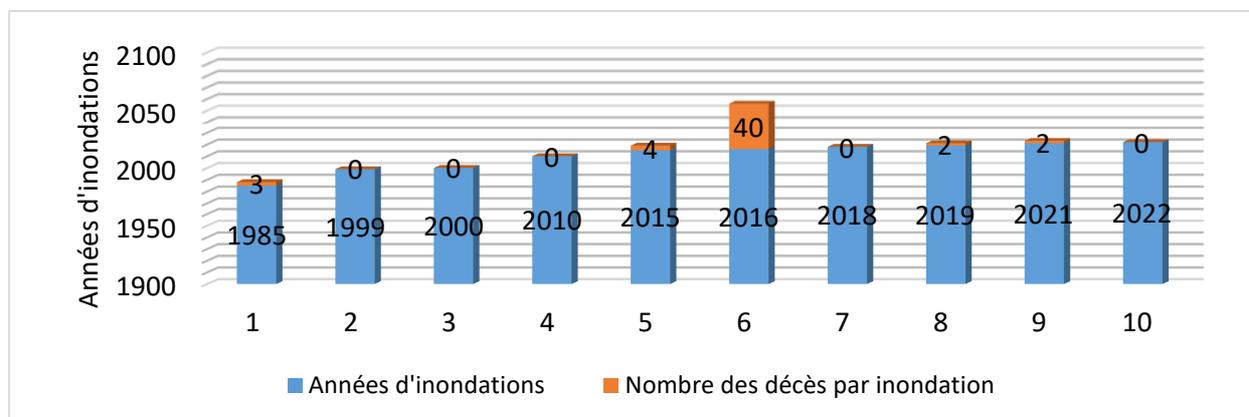
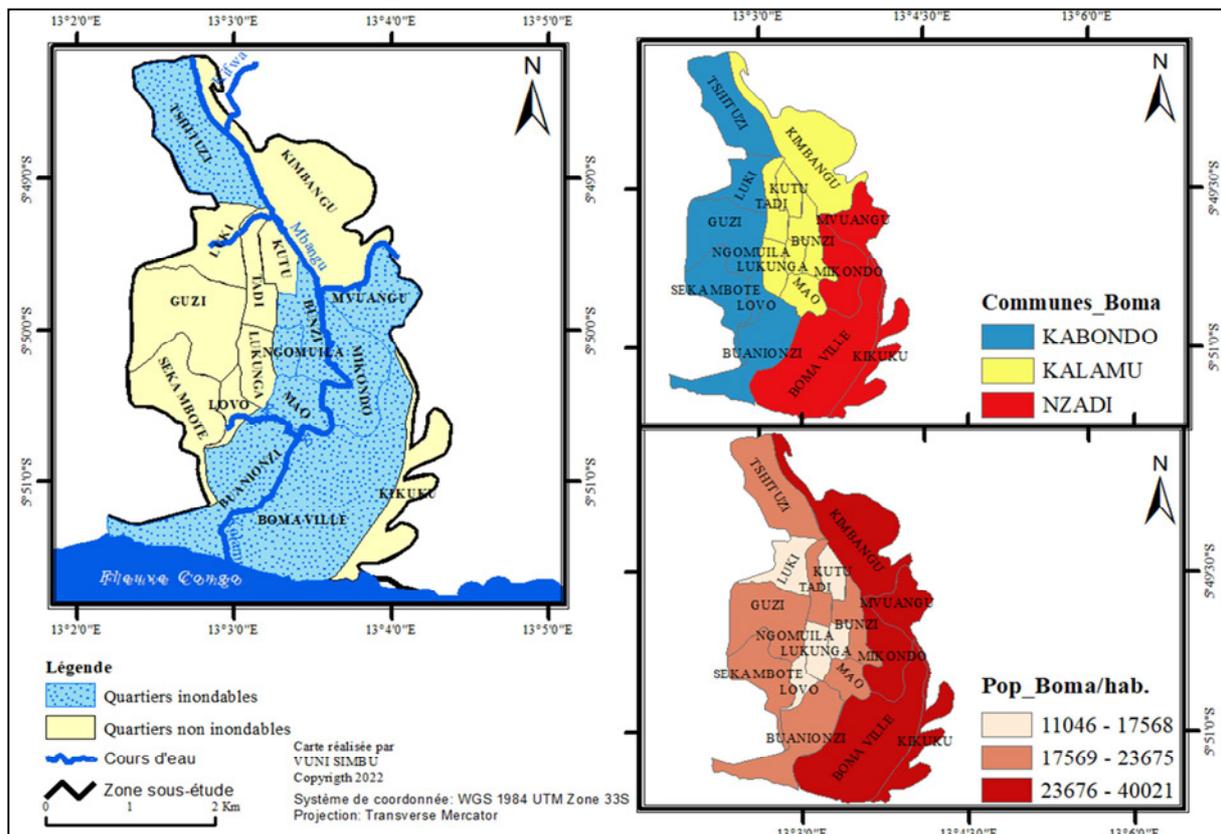


Figure 21.- Années d'inondations et nombre des décès par inondation.

Le plan urbanistique de la ville de Boma élaboré depuis l'époque coloniale, n'était pas mis à exécution partout dans cette ville. Après l'indépendance, cette ville s'étendait de manière anarchique. Les infrastructures de drainage existent seulement dans la commune de Nzadi et une partie des communes de Kalamu et de Kabondo, où le plan urbanistique a été mis en œuvre sous le régime colonial. Pour le reste de la ville, les réseaux de

drainage sont quasi inexistantes, causant les inondations. Les quartiers inondés et non inondés dans la ville de Boma sont Buanionzi, Tshutuzi, Mao, Bunzi, Ngomoula, Boma Ville, Minkondo et Mvuanga) ; tandis que les quartiers non inondés : Kikuku, Kimbangu, Kutu, Lukunga, Tadi, Lovo, Guzi, Luki et Sekambote (Figure 21). L'Office des Voiries et Drainage (OVD) de la ville de Boma dont la mission consiste de construire des infrastructures de drainage et l'entretien de réseau d'assainissement, le curage des rivières dans les villes de la République Démocratique du Congo. Malheureusement, cette mission n'est pas bien accomplie dans la ville de Boma par manque des matériels et des moyens financiers.



La figure 23 montre le profil des maladies d'origines hydriques enregistrées dans la ville de Boma. Ces maladies résultent d'un contact direct avec l'eau de mauvaise qualité ou contaminée.

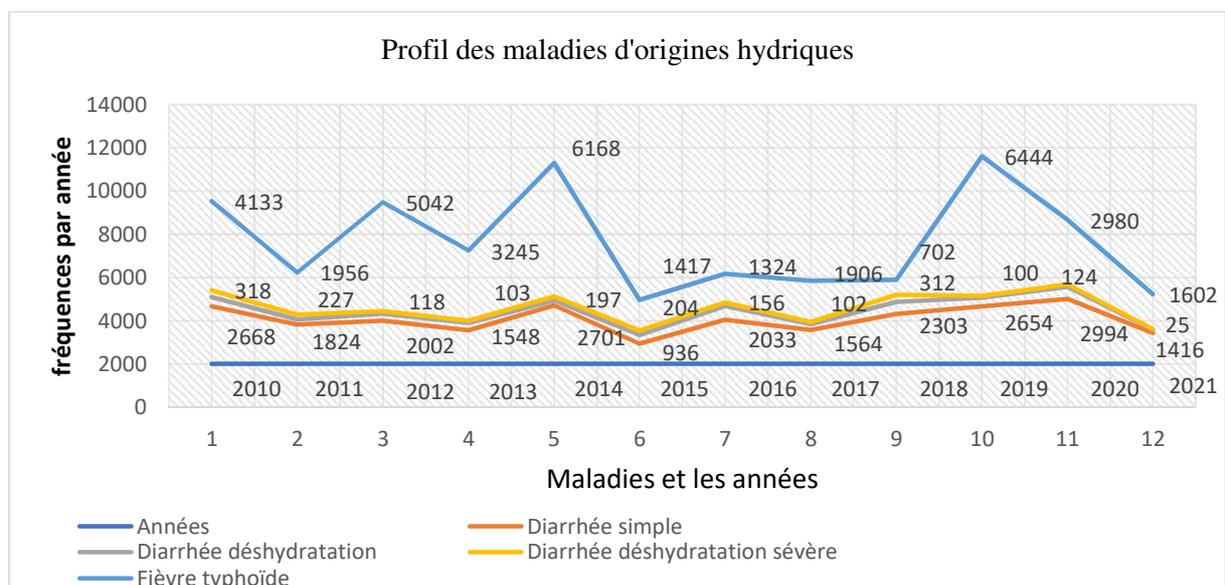
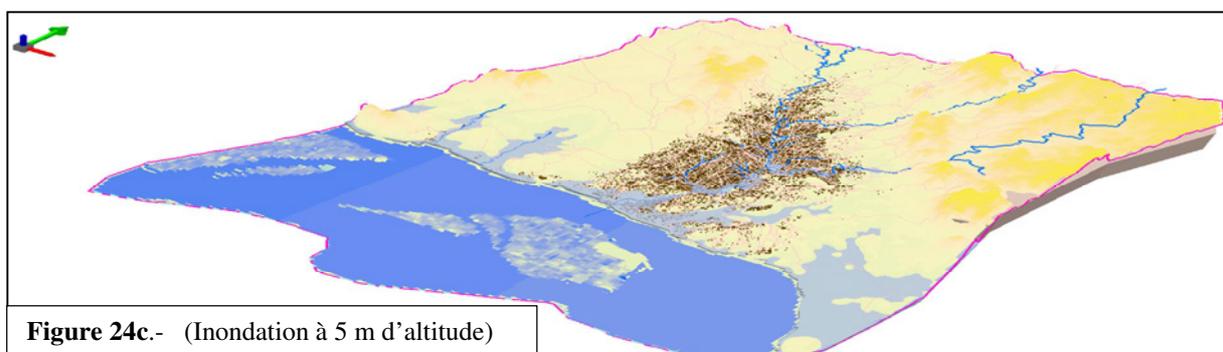
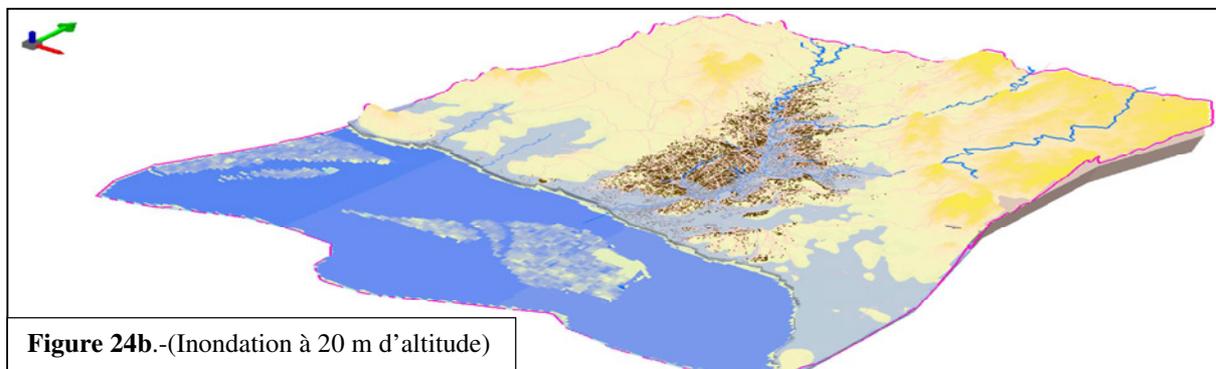
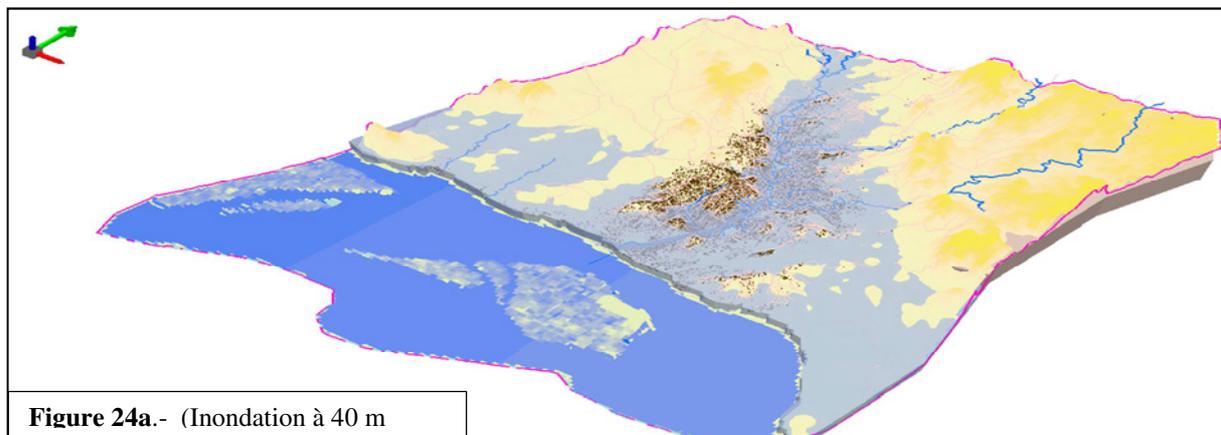


Figure 23- Profil des maladies d'origines hydriques.

Les valeurs pour la diarrhée simple obtenus selon le nombre de cas pour chaque année, sont de : en 2010 (2668 cas), 2011 (1824 cas), 2012 (2002 cas), 2013 (1548 cas), 2014 (2701 cas), 2015 (936 cas), 2016 (2033 cas), 2017 (1564 cas), 2018 (2303 cas), 2019 (2654 cas), 2020 (2004 cas), 2021 (1416 cas). Ce qui représente respectivement pour la diarrhée déshydratation sévère, en 2010 (419 cas), 2011 (225 cas), 2012 (312 cas), 2013 (342 cas), 2014 (218 cas), 2015 (397 cas), 2016 (644 cas), 2017 (264 cas), 2018 (564 cas), 2019 (392 cas), 2020 (554 cas), 2021 (364 cas), pour la diarrhée déshydratation sévère, en 2010 (318 cas), 2011 (227 cas), 2012 (118 cas), 2013 (103 cas), 2014 (197 cas), 2015 (204 cas), 2016 (156 cas), 2017 (102 cas), 2018 (312 cas), 2019 (100 cas), 2020 (124 cas), 2021 (25 cas). Ce qui représente respectivement pour la fièvre typhoïde, en 2010 (4133 cas), 2011 (1956 cas), 2012 (5042 cas), 2013 (3245 cas), 2014 (6168 cas), 2015 (1417 cas), 2016 (1324 cas), 2017 (1906 cas), 2018 (702 cas), 2019 (6444 cas), 2020 (2980 cas), 2021 (1602 cas).

Cependant, elles peuvent être contrôlées facilement grâce à une meilleure hygiène, mais aussi à l’approvisionnement adéquat en eau potable qui devrait être disponible. La plus fréquente est la fièvre typhoïde, elle a culminé entre 2013 et 2014, puis 2018 et 2019 avec plus de 6.000 cas/an). Ces chiffres sont curieusement proches aux années des graves inondations de Novembre 2015 (4 morts) et Décembre 2016 (40 morts) (VUNI et al., 2020). La plus fréquente est la fièvre typhoïde, elle a culminé en 2013 et 2014, puis 2018 et 2019 à plus de 6.000 cas/an). Ces chiffres sont curieusement proches aux années des graves inondations de Novembre 2015 (4 morts) et Décembre 2016 (40 morts).



Figures 24a, 24b, 24c.- Scénarios d’inondations à différentes altitudes dans la rivière Kalamu.

La population déjà pauvre vivant dans l'insalubrité, sans hygiène dépense beaucoup des moyens pour le traitement (VUNI et al., 2020). Les scénarios d'inondations ne prennent pas en compte l'élément temps. Ils n'intègrent pas le phasage des crues, mais l'altitude. En effet, les illustrations sont présentées dans les figures 24a (inondation à 40 m d'altitude), 24b (inondation à 20 m d'altitude) et 24c (inondation à 5 m d'altitude). Les scénarios d'inondations à différentes altitudes dans la rivière Kalamu suggèrent clairement les grands dangers qui guettent la population locale. En termes d'aménagement urbain, cette approche permet aussi de mettre en place des mesures de réduction des risques adaptées, par exemple la mise en place d'un système d'alerte précoce (Early Warning Monitoring System).

DISCUSSION

L'urbanisation anarchique apparaît manifestement comme l'une des causes majeures des inondations récurrentes dans la ville de Boma. Actuellement cette ville ne dispose plus d'un réseau de drainage capable de collecter l'ensemble des eaux pluviales et usées (VUNI et al., 2022). Il s'agit d'un long réseau de 10 km de longueur variant de 0,25 à 1 m, voir à 2 m de largeur sur 0,4 à 1 m de profondeur, capable de charrier près de 10.000 m³ d'eaux. Dans la plupart de cas, si le réseau de drainage n'est pas détruit, il y a une obstruction des collecteurs d'eau par les déchets solides. Les eaux pluviales collectées n'arrivent pas à l'exutoire qui est la rivière Kalamu. Les impacts des inondations sont multiples, ils sont économiques, sociaux et sanitaires.

Sur le plan sanitaire, le développement endémique de maladies hydriques graves telles que le choléra, la typhoïde, le paludisme, et les diarrhées. Sur le plan économique, les secteurs les plus touchés sont le logement, l'industrie, le commerce, le transport et l'éducation (BIRANE et al., 2018). Sur le plan social, les atteintes causées aux infrastructures communales et communautaires (écoles, services municipaux, transports, dispensaires), ainsi qu'aux réseaux essentiels (routes, électricité, eau potable), génèrent des conditions d'insécurité des biens et des personnes, partiellement défavorables pour les populations concernées qui sont déjà pauvres et démunies (BERGERON, 1992).

La prévention regroupe ainsi différentes actions, aussi bien en termes de gestion raisonnée de l'occupation des sols, que de réduction des vulnérabilités et de protection des populations. Elles visent notamment à : Limiter l'urbanisation en zone inondable, - Gérer l'occupation du sol afin d'éviter un accroissement des écoulements et préserver les zones d'expansion de crue, Réduire la vulnérabilité des enjeux exposés, Protéger les enjeux et les populations par l'investissement dans des ouvrages dédiés, - Entretien des ouvrages existants (DAUPHINE & PROVITOLLO, 2007). Elle nécessite donc une bonne connaissance des zones inondables et œuvre à l'amélioration continue des connaissances et de la compréhension de l'aléa inondation reposant pour partie sur l'acquisition de données hydrologiques sur le long terme (BARRACO et al., 2005). Les stratégies de prévention du risque d'inondation peuvent être considérées comme un résultat en termes de principes partagés par les acteurs de bassin pour une prévention du risque d'inondation collective à l'échelle d'un bassin versant (DOUSSIN, 2009).

La résilience de la population face aux inondations, devrait alors être interprétée comme la capacité de la population aux chocs qui la déstabilisent en mobilisant des mécanismes réparateurs qu'elle aurait su développer et qui lui permettrait d'absorber les perturbations (LHOMME, 2012). La maîtrise de l'urbanisation en zone inondable est une priorité et nécessite une bonne prise en compte du risque inondation dans les décisions d'aménagement urbain (BACHOC et al., 1999) et la résilience des populations concernées par une approche participative pour la prise de décisions d'intérêt communautaire. En effet, pour ADGER et al., (2011), la résilience est la capacité d'un système d'absorber le changement tout en conservant ses fonctions essentielles, d'arriver à s'auto-organiser, d'avoir la capacité de s'adapter et d'apprendre (DASYLVA, 2009). Le contrat de rivière est un outil de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), cette approche GIRE étant considérée par HOOPER (2005) comme un nouveau paradigme pour les opérateurs de l'eau. Selon le Partenariat mondial de l'eau (2000) cité dans INFORESSOURCES (2003).

Les avantages de la participation des usagers à la planification au travers de l'expression de leurs attentes et de la compréhension des enjeux locaux, à la construction et à la maintenance des infrastructures de gestion des eaux pluviales pour améliorer leur durabilité est soulignée par de nombreux auteurs (CAIRNCROSS & OUANO, 1991 ; PARKINSON, 2003). La sensibilisation des populations aux avantages socio-sanitaires, économiques et environnementaux de la gestion des eaux pluviales est jugée indispensable à une bonne adhésion aux projets (CAIRNCROSS & OUANO, 1991). Toutefois, d'autres auteurs approchent avec réserve la participation des usagers et prônent une implication limitée à la gestion des eaux de pluies et usées considérées avant tout comme une responsabilité des autorités locales qui doivent fournir un cadre et, le cas échéant, des matériaux appropriés à l'entretien et à la maintenance des ouvrages (MASSE et al., 2018).

Une série de mesures curatives est en train d'être mise en œuvre pour remédier à la dégradation environnementale de la rivière Kalamu. Le curage consiste en l'enlèvement mécanique depuis les berges des sédiments et autres solides accumulés dans le lit mineur de la rivière Kalamu à Boma. L'objectif est de favoriser l'écoulement de l'eau et de garantir son évacuation le plus possible dans le but de lutter contre les inondations

récurrentes. En effet l'entretien régulier est nécessaire et obligatoire, pour maintenir la rivière dans son profil d'équilibre afin de permettre l'écoulement naturel des eaux et contribuer ainsi au bon fonctionnement écologique (BANTON et al., 1997). Les systèmes d'alerte précoce permettent de prendre des précautions et, dans une certaine mesure, de prévenir les dommages causés par ces phénomènes catastrophiques (GANGBAZO et al., 2000).



Figure 25.- Engin en train de curer la rivière, **Figure 26.-** Rivière Kalamu avant le curage et la **Figure 27.-** Rivière Kalamu après le curage.

Le tronçon qui s'étend de l'Hygiène Kalamu jusqu'au pont Cobra est en train d'être curé. Le Curage de ce tronçon, long de 3.000 m, se fait en trois parties. Il y a une première partie longue de 580 m et large de 15 m, avec une profondeur d'environ 3 m qui est déjà curée. Pour ce faire, le camion fait 1 seul tour par jour pour évacuer les sédiments et autres solides curés. Bien qu'en cours de réalisation, il s'observe que le curage de la rivière Kalamu se fait en pleine saison de pluies, la saison sèche serait en tout cas très bien indiquée pour ce genre de travail. En effet, à cause de l'évacuation des sédiments et autres solides qui ne sont pas régulière le long du tronçon curé, il est fréquemment constaté un retour de ces derniers dans la rivière. Cette situation conduit aux éboulements des berges le long de la rivière telle qu'illustrée dans la figure 26. L'installation des échelles limnimétriques dans le bassin versant de la rivière Kalamu à Boma permet d'avoir les données sur la hauteur de l'eau avant et après les inondations. Les figures 28 et 29 montrent une augmentation de l'eau allant de 130 mm avant l'inondation à 300 mm pendant l'inondation de novembre 2022.



Figure 28 : Niveau d'eau de la rivière Kalamu après l'inondation, (300 mm)



Figure 29 : Niveau d'eau de la rivière Kalamu avant l'inondation (130 mm)

CONCLUSION

Le non fonctionnement adéquat du système de drainage urbain et la mauvaise gestion des déchets sont à la base de nombreux problèmes écologiques et sanitaires dans la ville de Boma. En effet, des inondations récurrentes sont épinglées comme étant à la base de la dégradation et de la pollution de la rivière Kalamu, ainsi qu'à la destruction des maisons, des ponts, des écoles, et des hôpitaux. Des activités anthropiques diverses pratiquées sans réglementations dans le bassin versant de la Kalamu sont, pour une très large part la cause cardinale des perturbations fonctionnelles de la rivière Kalamu.

En effet, les populations locales savent que les lotissements intervenus après l'indépendance n'obéissent plus au plan d'urbanisation existante, et à l'extension de la ville. Les caniveaux sont dans un état de vétusté tel qu'ils ne sont plus en mesure de garantir un service de qualité devant prévenir les inondations. La défaillance des services d'entretien, de maintenance et d'assainissement rendent obsolètes ces caniveaux. La gestion rationnelle et l'entretien régulier du lit mineur est une préoccupation forte pour prévenir les inondations dans la rivière Kalamu à Boma. Le contrat de rivière est un enjeu pour lutter contre ces inondations, mais également la protection de la biodiversité. Elle vise donc la recherche d'une stabilisation du lit et la sécurité des populations riveraines. Nous pensons que les éléments disponibles sont maintenant suffisants pour un contrat de rivière comme nous l'avons envisagé dans une prestation récente (VUNI et al., 2022). La mise en œuvre du contrat de rivière Kalamu à Boma permettra d'aborder les enjeux associés aux inondations de façon durable. Pour la réduction des risques d'inondations et l'amélioration de la résilience des habitants, nous envisageons les actions ci-après :

- ✚ Le renforcement des capacités de la population riveraine en matière de prévention des inondations pour éviter les pertes en vies humaines et les dégâts matériels causés par ces derniers ;
- ✚ La mise en place d'un système d'alerte précoce permettra la prise des précautions et, dans une certaine mesure, de prévenir les dommages causés par ces phénomènes catastrophiques ;
- ✚ La rénovation du réseau de drainage urbain des eaux pluviales et usées pour éviter les inondations causant des dégâts matériels et humains. Les voies d'évacuation des eaux doivent être réhabilitées pour que l'écoulement des eaux puisse se faire dans les bonnes conditions ;
- ✚ Entretien régulièrement le réseau de drainage et le lit mineur de la rivière pour éviter le dépôt sauvage des déchets qui empêchent le bon fonctionnement de la rivière et des caniveaux ;
- ✚ Le redimensionnement des collecteurs pour transporter une grande quantité des eaux pluviales afin d'éviter le débordement et la stagnation des eaux pluviales et usées;
- ✚ L'élaboration et la mise en place des mesures de lutte contre les crues et autres mesures d'urgence concernant les inondations dans le bassin ;
- ✚ La végétalisation (Bambous, Vétivers, et autres espèces locales à croissance rapide) des berges de la rivière Kalamu pour éviter les éboulements et la réduction du passage des sédiments vers l'eau de la rivière. Les actions basées sur les techniques de génie végétal sont impératives ;
- ✚ Une éducation mésologique doit être entreprise au niveau de la population locale à travers les différentes cellules de sensibilisation.

BIBLIOGRAPHIE

- ADGER N., BROWN K. & WATERS J. (2011). Resilience, *In* J. Dryzek, R. Norgaard et D. Schlosberg (Dir.) Oxford Handbook of Climate and Society, Oxford, *Oxford University press*, 696-709.
- BACHOC A., THEPOT R. & LEFEVRE J. (1999). Stratégie globale de réduction des risques d'inondation en Loire moyenne. *In* Colloque d'hydrotechnique - septembre (99). La gestion des risques liés aux inondations rapides et lentes. *SHF*, 53-62.
- BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT. (2017). Aide humanitaire d'urgence aux populations victimes des désastres causés par des pluies dans la ville de Boma. Rapport de la mission, 1-5 p.
- BANGBAZO G. & BABIN F. (2000). Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles. *Vecteur Environnement*, **33** (4): 45-57.
- BANTON O. & BANGOY M. (1997). *Hydrogéologie*, Presses de l'Université du Québec, Canada, 460 p.
- BARROCA O., POTTIER N. & LEFORT E. (2005). *Analyse et évaluation de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Orge aval*. Septièmes Rencontres de Théo Qant., Janvier (2005), 12 p.
- BERGERON M. (1992)- Vocabulaire de la géomatique, Office de la langue française du Québec, 41 p.
- BIRANE C., QUENSIERE J. & ALIOUNE K. (2018). Vulnérabilisations ou résilience des banlieues insalubres de Dakar. *Mondes en Développement*, **46**: 131-146.
- CAIRNCROSS S. & OUANO E. (1991). *Surface Water Drainage for Low-Income Communities*. WHO, Geneva, Switzerland.

- DASYLVA S. (2009). Inondations à Dakar et au Sahel, Gestion durable des eaux de pluie. *Etudes et Recherches*, n° 267-268-269, Editions, Dakar, 259 p.
- DAUPHINE A. & PROVITOLLO D. (2007). La résilience : un concept pour la gestion des risques, *Annales de géographie*, 2, 115-125.
- DOUSSIN N. (2009). *Mise en œuvre locale d'une stratégie globale de prévention du risque d'inondation : le cas de la Loire moyenne*, Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement de l'Espace, Université de Cergy-Pontoise, 485 p.
- HOOPER B. (2005). *Integrated River Basin Governance, Learning from International Experience*. IWA Publishing, London, Seattle, 306 p.
- INFORESSOURCES (2003). *Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) – La voie du développement durable*. Focus n° 1/03, 14 p.
- L'HOMME S. (2012). *Les réseaux techniques comme vecteur de propagation des risques en milieu urbain. Une contribution théorique et pratique à l'analyse de la résilience urbaine*, Thèse en géographie, Université Denis Diderot-Paris VII.
- MBUANGI M. & NTOTO R. (2021). La consommation du charbon de bois dans la ville de Boma (RD Congo) : enjeux socioéconomiques et écologiques. *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement*, 6 (vi): 52-61.
- MASSE S., BUFFIN-BELANGER T., BIRON P. & RUIZ J. (2018). La portée et les limites des approches participatives pour la gestion intégrée des inondations. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 31(4):341-362 <https://doi.org/10.7202/1055593ar>
- NDAO M. (2012). *Dynamiques et gestion environnementales de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès) et Saint-Louis*, Thèse de doctorat en géographie, Université TOULOUSE 2 Le Mirail, 371 p.
- ONU-HABITAT. (2016). Habitat III-Conférence de l'ONU sur le logement et le développement urbain durable tenue à Quito-Rapport de la délégation, 3 p.
- PARKINSON J. (2003). Drainage and stormwater management strategies for low-income urban communities, *Environment and Urbanization*, 15-115.
- PNUE (2016). *Plan d'actions pour la gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant de la rivière Lukaya*, 98 p.
- UNITED NATIONS (2007). *Rapport mondial des Nations Unies sur l'eau*. 9-iii-2006, 524 p.
- VUNI A., ALONI J., LELO F. & NZAU M.C. (2020). Kalamu à Boma, une rivière agressée : Diagnostic en vue d'un contrat de rivière. *Bulletin du Centre de Recherches Géologiques et Minières*, Numéro Cumulatif, XIII (décembre), 195-213.
- VUNI A., PANGU S., MABIALA P., LELO F., KOY R., ALONI J., MALAISSE F. & NZAU M.C. (2022). Eléments d'appréciation d'un bassin versant en vue d'un contrat de rivière : Cas de la Kalamu à Boma (Kongo Central, RD. Congo). *Geo-Eco-Trop*, 46 (1): 43-61.