

Étude des inondations fluviales dans le neuvième arrondissement Djiri de Brazzaville, Congo

Léonard SITOU

Université Marien NGOUABI, Brazzaville Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Laboratoire de Géographie, d'Aménagement et de l'Environnement (LAGEA)

(Reçu le 21 Mars 2025 ; Accepté le 23 Avril 2025)

* Correspondance, courriel : leonardsitou@gmail.com

Résumé

L'arrondissement 9, Djiri, de Brazzaville est affecté, depuis quelques décennies, par les débordements des rivières Tsiémé et Mikalou. Cette étude analyse les effets et les causes des inondations de 2021 dans deux quartiers et propose quelques solutions. Basée sur des observations et des mesures de terrain ainsi que des analyses de laboratoire, elle indique une montée moyenne des eaux d'environ 60 cm et un débordement moyen de 93 m. qui ont engendré plusieurs conséquences socio-économiques et environnementales. Ces inondations s'expliquent par l'abondance des pluies représentée par environ 155 mm de hauteur moyenne mensuelle et par une fréquence moyenne d'un jour sur deux. Cette pluviométrie gonfle les nappes qui alimentent les rivières en exploitant les sols sablonneux à plus de 95 %, avec un indice de perméabilité dépassant 3. Elle produit aussi des ruissellements amplifiés par l'imperméabilisation des sols par l'occupation anthropique. Les pentes du terrain, qui atteignent par endroit 35 %, favorisent l'écoulement rapide des eaux vers les bas-fonds plats et encombrés. Mais l'absence d'un système de domestication des eaux pluviales et leur mauvaise gestion, sont le principal facteur explicatif. Les solutions résident dans la formation des populations sur la gestion des eaux pluviales et leur protection par l'endiguement des rivières.

Mots-clés : *Congo, Brazzaville, Djiri, inondation fluviale, gestion des eaux pluviales.*

Abstract

Study of river flooding in the ninth Djiri district of Brazzaville, Congo

District 9, Djiri, in Brazzaville has been affected for several decades by the overflowing of the Tsiémé and Mikalou rivers. This study analyzes the effects and causes of the 2021 floods in two neighborhoods and proposes some solutions. Based on field observations and measurements as well as laboratory analyses, it indicates an average water rise of approximately 60 cm and an average overflow of 93 m. which have generated several socio-economic and environmental consequences. These floods are explained by the abundance of rainfall represented by approximately 155 mm of average monthly height and by an average frequency of one day in two. This rainfall swells the water tables that feed the rivers by exploiting sandy soils at more than 95%, with a permeability index exceeding 3. It also produces runoff amplified by the sealing of the soils by anthropogenic occupation. The terrain's slopes, which in some places reach 35%, encourage rapid

water flow into the flat, congested lowlands. However, the lack of a rainwater harvesting system and poor management are the main explanatory factors. Solutions lie in educating communities on rainwater management and protecting them by damming rivers.

Keywords : *Congo, Brazzaville, Djiri, river flooding, rainwater management.*

1. Introduction

L'impact des risques naturels sur le développement socio-économique des populations ne cesse de croître, notamment en raison de l'augmentation démographique et surtout du développement mal contrôlé de l'urbanisation [1 - 3]. En Afrique, plusieurs études montrent que l'urbanisation galopante et non maîtrisée est le principal responsable des catastrophes liées aux phénomènes d'ordre morphoclimatique, comme les érosions hydriques et les inondations. D'énormes dégâts matériels et parfois des pertes en vie humaines sont enregistrés chaque année dans plusieurs villes du continent. L'étude réalisée en 2014 dans les villes de Kinshasa en Afrique centrale et de Nouakchott en Afrique septentrionale confirme bien cette affirmation. Ces villes ont connu une démographie galopante, accompagnée d'un accroissement spatial qui s'est traduite par une occupation anarchique des sites, y compris ceux initialement classés non-aedificandi. En conséquence, Nouakchott qui, initialement implantée à environ 5 km de l'Océan Atlantique et s'est étendue jusqu'au bord de la mer, est l'objet de phénomènes d'inondations et de submersion. La ville de Kinshasa dont l'extension s'est traduite par une occupation progressive des versants des collines sableuses situées au sud connaît, elle aussi, des phénomènes d'inondations et surtout de ravinement spectaculaire [4]. La ville de Niamey au Niger est aussi l'objet des inondations récurrentes qu'on observe surtout dans les quartiers qui se sont installés sur la plaine inondable du fleuve Niger [5]. Ainsi, en raison de leurs impacts négatifs, les aléas naturels surtout d'ordre morphoclimatique, constituent une préoccupation majeure, notamment les scientifiques qui cherchent à cerner les causes et réfléchissent sur les solutions. C'est dans ce cadre que se situe cette étude réalisée à Brazzaville, au Congo. En effet la capitale congolaise est aujourd'hui très affectée par des phénomènes d'érosion et d'inondations devenus endémiques dans plusieurs quartiers de la ville. L'érosion se manifeste par des ravinements spectaculaires, dévoreurs d'espaces habitables et destructeurs d'infrastructures et d'équipements divers. Elle est aussi responsable des ensablements qui enterrent des quartiers entiers situés dans des bas-fonds et encombrant les fonds de vallées y compris les lits mineurs des cours d'eau qu'ils polluent par une turbidité plus grande. Les inondations qui sévissent dans plusieurs quartiers, notamment durant les pluies les plus abondantes, affectent plus fréquemment et durablement les vallées des principaux cours d'eau de la ville. Ces inondations fluviales dégradent à la fois l'environnement et le cadre socio-économique de la ville, à cause de l'occupation anthropique des zones à risques d'inondation. Mais, si l'érosion hydrique fait l'objet de nombreuses études qui mettent en évidence les causes de ce phénomène, notamment le rôle prépondérant de l'urbanisation [6 - 9], les inondations quant à elles, ont fait l'objet de très peu d'études approfondies à Brazzaville, devant permettre un diagnostic concret et une réflexion sur des solutions idoines. La présente étude porte sur les inondations qui ont affectés, en avril 2021, les quartiers *Matari* et *Mikalou-Madzouna* situés dans l'arrondissement 9 Djiri au nord de Brazzaville. Ces quartiers sont localisés dans les bassins versants des rivières *Tsiémé* et de son affluent *Mikalou* qui sortent régulièrement de leurs lits mineurs et provoquent d'importants dégâts. Ce travail vise l'évaluation de la manifestation du phénomène dans la zone d'étude, l'identification et l'analyse des facteurs explicatifs. Il propose aussi quelques solutions à mettre en œuvre pour renforcer la résilience des populations affectées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Cadre général de l'étude

Les quartiers Matari et Mikalou-Madzoun, notamment les secteurs situés aux abords des cours d'eau *Tsiémé* et *Mikalou* sont les matériels d'étude. Ces quartiers font partie de l'arrondissement 9 Djiri (**Figure 1**). Créé par la loi n° 9 — 2011 du 17 mai 2011, l'arrondissement 9 Djiri est constitué des quartiers qui appartenaient, jusqu'à cette date, aux arrondissements 6 Talangai et 7 M'filou-Ngamaba. Il s'étend sur une superficie d'environ 83,46 km² (834,6 ha) et est limité, au nord-ouest par le district de Goma tsé-tsé (Département du Pool) à la limite de la rivière Djiri d'où est tiré son nom, au nord-est par la Commune de Kintélé (district d'Igné, Pool), au sud-ouest par l'arrondissement 7 M'filou-ngamaba, au sud par les arrondissements 4 Moungali et 5 Ouenzé, au sud-est par l'arrondissement 6 Talangai. Sur le plan topographique, l'arrondissement 9 Djiri occupe le rebord sud du plateau de Mbé qui s'étend au nord de Brazzaville en s'inclinant légèrement vers le nord-est en direction de la cuvette congolaise avec des altitudes variant en moyenne entre 250 et 700 m et une surface dans l'ensemble tabulaire, découpée par des vallées plus ou moins encaissées, sèches ou drainées [6]. Ce rebord sud du plateau, occupé par les quartiers nord de Brazzaville dont ceux en étude, forme un talus assez redressé découpé par des vallées qui descendent au cœur de la ville. Les vallées du bassin versant de la Tsiémé auquel appartient la rivière Mikalou font partie de ces vallées dont la densité donne à ce rebord l'allure d'un relief de collines culminant à 570 m [10]. Ce relief est taillé dans les formations sablonneuses du terme supérieur de la série des Plateaux Batéké d'âge Tertiaire [10]. Les formations de ce niveau supérieur d'environ 90 mètres d'épaisseur sont qualifiées de limon-sableux à cause de leur granulométrie fine [11]. Les sols issus de ces sables sont dans l'ensemble ferrallitiques [12].

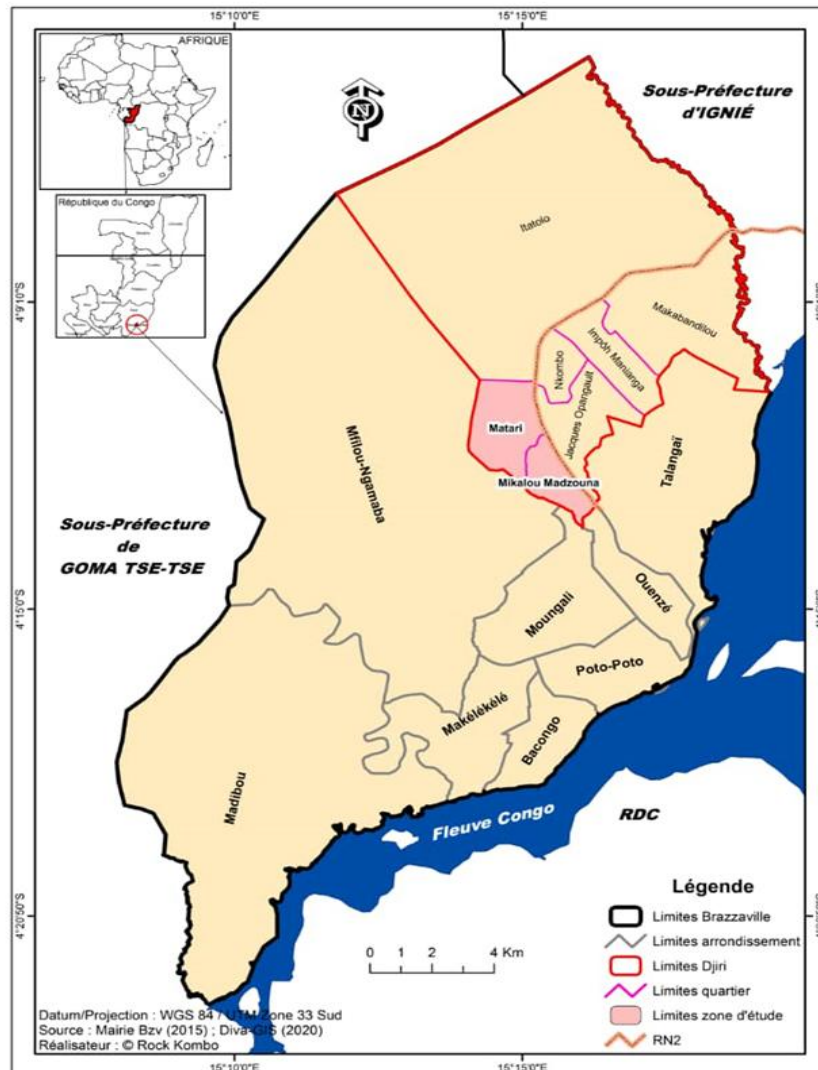


Figure 1 : Limites et situation des quartiers Matari et Mikalou-Madzouna dans l'arrondissement 9 Djiri

Le climat de Brazzaville qui est aussi celui de la zone d'étude, est caractérisé par l'alternance de deux saisons à savoir une saison des pluies qui dure 8 mois, de la mi-septembre à la mi-mai, avec des hauteurs mensuelles des pluies estimées à 273 mm pour des températures maxi d'environ de 29 à 34 °C et une saison sèche de 4 mois (mi-mai à mi-septembre) avec moins de 15 mm de pluies, pour des températures minimales de 22 et 23 °C de 2003 à 2023 (données collectées à la Station climatique de Maya-Maya de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile -ANAC-). L'hydrographie est dominée par les rivières Djiri, Tiémé, son affluent Mikalou, et le fleuve Congo. La végétation naturelle constituée de savanes herbeuses et arbustives a été progressivement détruite avec l'occupation anthropique et a été remplacée par les arbres fruitiers et les plantes d'ornement. Seul le long de la rivière *Djiri* où l'on rencontre encore quelques reliques de forêts ombrophiles et des savanes arbustives.

2-2. Méthodologie

La méthodologie regroupe deux types d'opérations à savoir la collecte de données et leur traitement suivi de leur analyse

2-2-1. Collecte des données

Cette étape a consisté à collecter, à travers les observations, les mesures et les enquêtes sociales sur le terrain, les données sur (i) l'ampleur et les conséquences des inondations (ii) les facteurs explicatifs des sites affectés, et (iii) la vulnérabilité de la zone d'étude.

2-2-1-1. Observations et mesures des laisses-d'eau et enquêtes sociales

Les observations ont porté sur les conséquences socio-économiques des inondations dans les deux quartiers en étude. Elles ont permis d'évaluer, *in situ*, l'ampleur du phénomène qui a été quantifiée à travers deux variables à savoir la hauteur des laisses-d'eau qui sont les traces laissées par l'eau sur les murs des bâtiments après leur retrait (**Figure 2, P_{1-4}**) et la distance entre les lits majeurs et les limites atteintes par les flots d'eaux lors de leur montée. Les laisses-d'eau indiquent les hauteurs atteintes par les cours d'eau durant leur montée et la distance permet d'apprécier la limite atteinte par ces mêmes eaux lors de leur débordement. Cette méthode basée sur l'histoire récente et la mémoire des populations est qualifiée d'empirique [13].



Figure 2 : Images des mesures des laisses-d'eau sur les murs des maisons à mikalou-madzouna (P_1 et P_2) et Matari (P_3 et P_4) ©: Etoua Douniama et Sitou, 2021

Ainsi, les deux variables ont été mesurées à l'aide d'un décimètre et ces opérations ont été effectuées dans les deux quartiers en étude. L'échantillonnage utilisé est aléatoire. Dans la vallée de la Tsiémé un bloc de quatre-vingt (80) parcelles a été sélectionné sur quatre (4) blocs qui longent la rivière. Dans celle de Mikalou le bloc sélectionné a 72 parcelles. Une parcelle sur dix (10) a été enquêtée dans chaque bloc et une maison a fait l'objet des mesures dans chaque parcelle. Au total quinze (15) maisons ont fait l'objet de cette quantification soit huit (8) à Mikalou-Madzouna et sept (7) à Matari. Deux critères ont été utilisés pour le choix des maisons. Il s'agit de l'accès et de la présence de la laisse - d'eau sur le mur de la maison. Il importe de noter que plusieurs maisons ont été nettoyées après le reflux des eaux et la plupart des maisons possédant encore les laisses d'eau sont dans des parcelles encore envahies soit par l'eau soit par les herbes. Ce qui a un peu compliqué l'opération. Les enquêtes sociales ont porté sur les conséquences subies par les populations lors des inondations. Elles ont été réalisées auprès des chefs de quartiers et des blocs au mois de mai 2021, après les inondations qui ont affecté la zone au mois d'avril.

2-2-1-2. Données sur les facteurs explicatifs des inondations

Plusieurs paramètres et variables ont été identifiés comme facteurs explicatifs dont les données ont été collectées. Il s'agit :

- *des précipitations* qui sont les causes directes des inondations. Les données y relatives, couvrant la période 2013-2023, ont été collectées à la Station climatique de Maya-Maya de l'ANAC et ont permis d'analyser l'évolution des hauteurs annuelles et la fréquence des pluies ;
- *des formations superficielles (FS)* dont les caractéristiques constituent des facteurs explicatifs des ruissellements ou des infiltrations des eaux pluviales. Ces deux variables influent sur les inondations. Six échantillons de formations superficielles ont été prélevés à 50 cm, 100 cm et 150 cm, dans les deux quartiers de la zone d'étude (Matari et Mikalou-Madzouna), sur les parois des ravins, pour déterminer leur texture et calculer certains indices telle la porosité.

2-2-2. Traitement des données collectées

Les données collectées ont été traitées au laboratoire, analysées et interprétées au bureau.

2-2-2-1. Données sur les laisses d'eau et des précipitations

Les données obtenues sur les hauteurs des laisses d'eau et des distances des maisons ont été traitées manuellement avec la calculatrice de l'ordinateur et ont été consignées dans un tableau. Celles sur les précipitations, récoltées à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile, ont fait l'objet d'un traitement sur Microsoft office Excel qui a permis de réaliser le graphique sur l'évolution des hauteurs et de la fréquence moyennes mensuelles des pluies (2013 - 2023).

2-2-2-2. Données sur les formations superficielles (FS)

Les échantillons de sols ont été traités au laboratoire du Bureau Congolais du Bâtiment et des Travaux Publics (BCBTP), par les techniciens de la structure, selon le protocole du laboratoire. Les analyses ont porté essentiellement sur la texture, notamment la granulométrie et la teneur en matière organique (MO) qui ont permis de calculer l'indice de porosité (IP). Cet indice permet d'apprécier la densité des pores d'un sol qui détermine sa capacité à absorber l'eau de pluie. L'indice de porosité a été calculé à partir de la **Formule** mathématique suivante (1):

$$IP = \frac{\% \text{ Sables grossiers}}{\% \text{ Argile}} \quad (1)$$

Les résultats ont été analysés à partir de la classification suivante : si $IP < 3$, la porosité est défavorable (moins d'aération) et si $IP > 3$, la porosité est favorable [14].

2-2-2-3. Données topographiques et cartographiques

Le relief est l'un des paramètres explicatifs des inondations. Les données du relief ont été appréciées directement à partir du model numérique de terrain (MNT) de 2022. En effet, le MNT a permis de réaliser la cartographie du relief de l'arrondissement 9 Djiri. Le MNT a été traité sur ArcGis 10.9 pour réaliser la cartographie des altitudes en mètre et des pentes en pourcentage, en tenant compte des superficies des plages dans les deux cas.

3. Résultats

3-1. Ampleur des inondations fluviales dans la zone d'étude

Les inondations fluviales dans les quartiers Mikalou-Madzouna et Matari, sont dues au débordement des rivières Tsiémé et son affluent la Mikalou. Les résultats de l'évaluation des deux variables retenues dans la méthodologie, notamment les hauteurs des laisses-d'eau et la distance entre les bâtiments et la limite du lit majeur, sont consignés dans le **Tableau 1** ci-dessous. Ces données indiquent que la hauteur moyenne des laisses-d'eau au niveau des murs est de près de 40 cm dans la vallée de la Tsiémé avec 57 cm de hauteur maximale enregistrée dans le quartier Mikalou-Madzouna, dans le secteur du « 5 février 1979 » et 20 cm de hauteur minimale enregistrée dans le secteur de Émeraude. Dans la vallée de la Mikalou, dans le quartier Matari, la moyenne des HLE mesurée est de près de 74 cm avec 100 cm de hauteur maximale enregistrée dans le secteur de Kahounga et 59 cm de hauteur minimale enregistrée dans le même secteur. Il importe de relever que les hauteurs mesurées dans la vallée de la Tsiémé sont plus faibles que celles enregistrées dans la vallée de la Mikalou. Cette différence s'explique sans doute par le fait que la vallée de la Tsiémé est environ deux fois plus large que celle de Mikalou. Ici l'eau s'étale plus largement que sur la vallée de la Mikalou où l'eau monte plus vite en raison de l'étroitesse du lit majeur.

Tableau 1 : Hauteurs des laisses-d'eau (HLE) et distances entre les maisons et les rivières (DMR) en 2021

Quartier	Vallée	Secteur	HLE (cm)	DMVM (m)
Mikalou-Madzouna	Tsiémé	5 Février	38	60
			34	60
			34	183
			57	165
		Émeraude	20	60
			25	60
		Madzouna	51	180
			55	170
Moyenne			39.25	117.25
Matari	Mikalou	Kahounga	67	70
			59	60
			70	60
			61	60
			63	80
			100	65
			96	66
Moyenne			73.71	65.85

Source : mesures de terrain (période mai 2021)

Par ailleurs, il sied de signaler que dans la vallée de la Tsiémé, notamment dans les secteurs enquêtés, il est difficile de distinguer, topographiquement, le lit majeur du lit mineur qui n'est délimité que par de petites berges que les cours d'eau franchissent à la moindre crue. En effet, les rivières sont sédimentées chaque saison des pluies et le chenal principal d'écoulement qui correspond au lit mineur se situe soit au milieu de la plaine alluviale soit sur le bord (**Figure 3 P₅**). Les limites du lit majeur ne sont reconnaissables à certains endroits que par la végétation hydromorphe. Les populations interrogées dans les deux vallées ont reconnu ces limites comme étant celles que les cours d'eaux atteignent souvent durant les crues normales. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle la limite des parcelles d'habitation se situe juste après cette limite. Nous avons été aidés par les populations pour effectuer ces mesures. L'ampleur de cette inondation s'est aussi

manifestée partout dans les deux vallées, par une extension sur plusieurs dizaines de mètres de la lame d'eau, au-delà de la limite des lits majeurs. (**Tableau 1**). Dans la vallée de la Tsiémé l'extension moyenne enregistrée est de 117.25 m au-delà de la limite du lit majeur. Dans les secteurs étudiés quatre (4) maisons sur huit (8) se trouvent à plus de 160 m. Outre les parcelles qui ont servi d'échantillon, presque toutes les autres situées le long de cette zone ont été inondées. Il importe de souligner qu'au-delà des limites du lit majeur, la surface topographique dans cette zone est presque au même niveau que le lit majeur. C'est pourquoi le moindre excès d'eau fait déborder facilement la rivière. De ce fait, nous pensons, que topographiquement, cette zone occupée par ces parcelles fait partie du lit majeur du cours d'eau (**Figure 3 P₆**). Ces parcelles sont très exposées même si les populations reconnaissent n'avoir jamais été inquiétées depuis longtemps.



Figure 3 : *Images de la sédimentation de la vallée de la Mikalou (P₅) et de l'occupation anthropique du lit majeur de la vallée de la Tsiémé, dans le quartier Mikalou-Madzouna (P₆) © Sitou et Etoua Douniama, 2021*

Dans la vallée de Mikalou, par contre, avec une moyenne de près de 66 m de distance obtenue, les maisons sont dans l'ensemble un peu plus proches du lit majeur. En effet, Toutes les 7 maisons enquêtées sont situées à moins de 100 mètres (**Tableau 1**). Et pourtant c'est dans cette vallée que nous avons mesuré les hauteurs des laisses-d'eau les plus grandes. Ce qui indique une inondation plus importante. Il importe de rappeler que cette vallée affluente à celle de la Tsiémé est largement plus étroite. Sa confluence avec la vallée principale est très rétrécie et avant de s'y jeter, la rivière passe sous un pont. Cet étranglement crée un verrou qui retarde l'écoulement des eaux. Ce qui se traduit par un gonflement rapide des eaux en amont du pont.

3-2. Conséquences socio-économiques et environnementales

Les conséquences les plus remarquables sont la perte des habitations par les populations. Les maisons situées sur les lits majeurs ont été systématiquement envahies par les eaux. Bien que certaines familles soient revenues après la baisse des eaux, plusieurs dégâts matériels ont été enregistrés. Certaines familles ont abandonné totalement leurs maisons envahies et abîmées par les eaux (**Figure 4**). Plusieurs maisons ont été à moitié enterrées par les sédiments charriés par les eaux. Dans ces conditions, les populations ont prélevé quelques matériaux encore non endommagés tels que les tôles, les portes, les fenêtres, les câbles électriques, les grilles, etc. (**Figure 4 P₉₋₁₁**). Quelques activités anthropiques ont été également détruites, notamment les sites de maraîchage et d'élevage de porcs, le long des cours d'eau (**Figure 4 P₁₂**). Mais ces inondations affectent aussi l'environnement de la zone d'étude. Il s'agit de la destruction de l'écosystème aquatique. Les témoignages des populations indiquent que la pollution de l'eau par les excréments provenant des latrines des habitations et par les déchets divers apportés par les ruissellements affectent la faune aquatique. Il y a aussi l'apparition des maladies hydriques (diarrhée) et de la peau, mais également du paludisme par le développement des anophèles à cause des flaques d'eau qui persistent plusieurs jours après l'inondation.



Figure 4 : *Images relatives aux conséquences des inondations a Mikalou Madzouna (P_{7,8}) : maisons abandonnées par les populations suites aux inondations, (P_{9,11}) : maisons abandonnées avec extractions des tôles et des ouvertures, (P₁₂) : destruction d'un maraîchage dans la vallée de la Tsiémé. © Sitou et Etoua Douniama, 2021*

3-3. Quelques facteurs explicatifs

3-3-1. Hauteurs et fréquence des pluies

La hauteur et la fréquence des pluies font partie des paramètres de l'agressivité du climat qui explique le déclenchement de ces inondations fluviales. La **Figure 5** présente la tendance des hauteurs et des fréquences des pluies à Brazzaville, de 2013 à 2023. Pendant les saisons pluvieuses qui durent 8 mois (mi-septembre - mi-mai), les pics de la fréquence des pluies sont atteints en novembre avec 16 jours de pluies pour 267,28 mm de hauteurs moyennes mensuelles, en décembre avec près de 15 jours de pluies pour 187,99 mm, et enfin, au mois d'avril, 14 jours de pluie pour 185,18 mm. Cela signifie que, pendant ces mois, il pleut presque un jour sur deux pour des hauteurs moyennes mensuelles des précipitations qui dépassent 170 mm. Dans ces conditions, les nappes phréatiques se rechargent et alimentent les sources et sourcins qui à leur tour pourvoient plus d'eau dans les rivières dont les débits sont de facto renforcés.

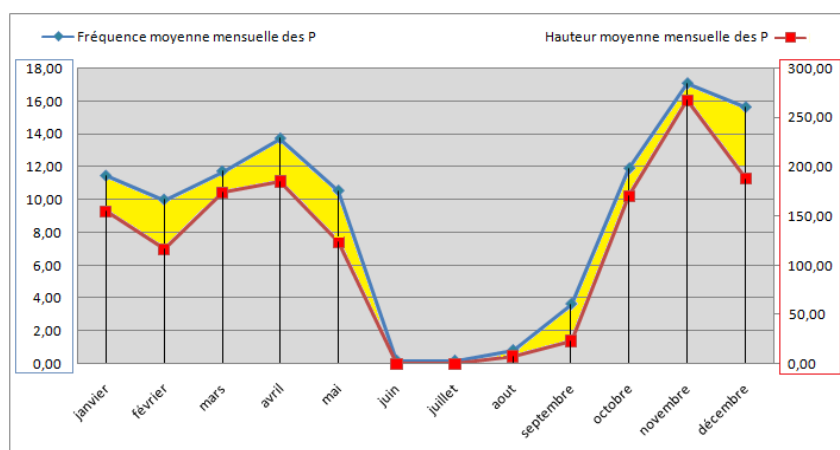


Figure 5 : Tendances des hauteurs et de la fréquence moyennes mensuelles des pluies (2013 - 2023)

Source : Données ANAC, traitées par nous 2024

Mais la recharge des nappes phréatiques est favorisée par les infiltrations des eaux dans les horizons superficiels des sols. Celles-ci s'expliquent par la nature des formations superficielles.

3-3-2. Textures et nature des formations superficielles

Les sols jouent un rôle important dans le processus des inondations fluviales, à travers la rapidité ou la lenteur d'infiltration des eaux de pluie. Les **Tableaux 2 et 3** présentent les textures des formations superficielles à Casis (Matari) et Kahounga (Mikalou-Madzounga).

Tableau 2 : Texture et MO des formations superficielles à Casis

Site 1	Texture	Profondeur (cm) et taux des éléments texturaux (%)			Moyenne (%)
		50 cm	100 cm	150 cm	
CASIS (Matari)	Sables fins et moyens	56,8	65,9	72,9	65,2
	Sables grossier	41	32,1	25,4	32,83
	Limons fins	0,72	0,55	0,63	0,63
	Limons grossiers	0,3	0,55	0,4	0,41
	Argiles	0,6	0,3	0,04	0,31
	MO	0,34	0,44	0,41	0,39
Total		99,76	99,84	99,78	99,77

Source : Sitou, 2021

Tableau 3 : Texture et MO des formations superficielles à Kahounga

Site 2	Texture	Profondeur (cm) et taux des éléments texturaux (%)			Moyenne (%)
		50 cm	100 cm	150 cm	
Kahounga (Mikalou-madzouna)	Sables fins et moyens	56	58	59,1	57,7
	Sables grossier	36	32	29,9	32,63
	Limons fin	4,8	5,2	6,7	5,56
	Limons grossier	2,5	4,1	2,9	3,16
	Argiles	0,37	0,34	0,36	0,35
	M.O.	0,3	0,3	0,3	0,3
Totaux		99,97	99,94	99,26	99,7

Source : Analyses de laboratoire (Sitou), 2021

Les résultats des analyses granulométriques effectuées dans les deux quartiers (Casis et Kahounga), indiquent un taux de sables élevé dans les trois horizons des FS (50 cm, 100cm et 150 cm), avec en moyenne 98,03 % à Casis et 90,33 % à Kahounga. Mais dans les deux cas, les sables fins et moyens, dépassent 50 % des teneurs, soit 65,2 % à Casis et 57,7 à Kahounga. La fraction fine constituée par les limons fins, limons grossiers et argiles, atteignent à peine 1,35 % à Casis mais 9,07 % à Kahounga. Cette texture favorise les infiltrations qui rechargent les nappes phréatiques. Les infiltrations sont aussi responsables de la saturation des sols, favorable aux ruissellements. L'importance des infiltrations en termes de volumes est confirmée par la porosité.

• **Indice de porosité (IP) des formations superficielles**

Les résultats des indices de porosité (IP) évalués à partir des données granulométriques de deux sites (Casis et Kahounga), consignés dans le Tableau 4 montrent que les formations sablonneuses des secteurs de la zone d'étude sont bien aérées, car les valeurs de l'IP pour les deux zones, sont largement supérieures à 3 et donc favorables aux infiltrations (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Indices de porosité (IP) et caractéristiques des FS

Secteur	Valeur IP	Caractéristiques des formations superficielles (FS)
Casis (Matari)	IP = 105,90 > 3	FS bien aérées
Kahounga (Mikalou-Madzouna)	IP = 93,22 > 3	FS bien aérées

Source : Calculé par l'auteur à partir des données granulométriques obtenues au laboratoire.

Cette bonne porosité des sols dans les deux quartiers contraste néanmoins avec l'abondance des ruissellements. En effet, la faible représentativité des inférieurs à 50 microns qui constituent avec la matière organique les liants et ce jusqu'à 1,5 m de profondeur, devrait réduire les taux de ruissellement au profit des infiltrations. Or, les ruissellements sont instantanés et très abondants. C'est ce qui explique le gonflement rapide des cours d'eaux pendant la pluie. L'urbanisme avec l'imperméabilisation des sols qu'il engendre, constitue la cause principale de l'abondance des ruissellements qui, toutefois, exploitent une autre variable du milieu naturel qui est la pente.

3-3-3. Impacts du relief : altimétrie et pentes

La pente, de par sa valeur et sa longueur est un facteur explicatif des inondations dans la zone d'étude. Les **Figures 4A et 4B** présentent l'altimétrie et les pentes de l'arrondissement 9 Djiri, dans lequel se localisent les quartiers Matari et Mikalou-Madzouna. La carte en trois dimensions de l'altimétrie (**Figure 4A**) montre un relief accidenté dominé par des interfluvies qui sont délimités par des vallées aux versants assez inclinés et allongés encadrant des fonds larges et peu accidentés. Les altitudes varient de 300 à 390 m et l'inclinaison des versants atteint et dépasse 30 % de pente, à plusieurs endroits. Mais la figure montre une domination de la classe des pentes de 0 à 10 % dont la superficie représente plus de 58 % (**Tableau 5**). C'est dans cette classe, qu'est logée celle de 0 à 1 % qui représente les fonds de vallées et certaines surfaces des sommets d'interfluvies. Les classes de 10 à 30 % représentent plus de 38 % de superficie de l'arrondissement (**Tableau 5**). Lorsqu'on y ajoute celles de plus de plus de 30 %, les fortes pentes représentent plus de 40 % de la superficie de l'arrondissement.

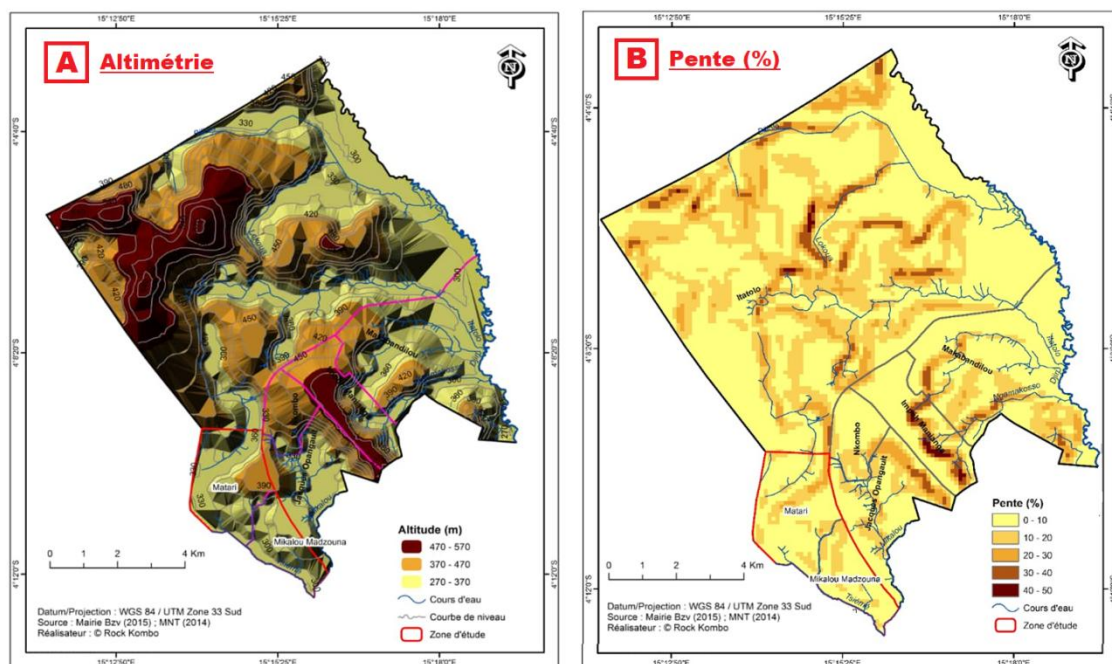


Figure 6 : Carte altimétrique (A) et carte des pentes par classe (B) de l'arrondissement 9 Djiri et des deux quartiers

Tableau 5 : Classification des pentes par hectare (ha) à Djiri.

Classe des pentes (en %)	Superficie		
	Kilomètre carré (Km ²)	Hectare (ha)	% des surfaces occupées
0 - 10	65,75	6574,57	58.3
10 - 20	31,47	3147,19	27.9
20 - 30	11,56	1156,39	10.2
30 - 40	3,48	347,78	3.1
40 - 50	0,57	56,53	0.5
Total	112,82	11 282,45	100

Source : données du MNT traitées sur Arc Gis 10.1, Sitou, 2024

Ainsi, l'inclinaison notable des interfluves et la presque planéité des fonds de vallées sont les principaux paramètres qui expliquent l'accumulation des eaux dans ces bas-fonds. En effet, les surfaces inclinées densément occupées par les hommes sont majoritairement imperméabilisées. De ce fait, elles favorisent les ruissellements qui coulent rapidement en direction des fonds de vallées. L'encombrement par les sédiments divers de ces fonds de vallées peu inclinés, ralentit la vitesse de l'écoulement des eaux et contribue à leur gonflement et au débordement. Mais ces inondations sont catastrophiques à cause de la vulnérabilité de ces bas-fonds, liée à la présence des enjeux représentés par les hommes et leurs biens. En effet comme on peut le noter, les fonds de vallées, notamment les lits majeurs sont très habités. Ce qui fait que dès qu'il y a débordement des rivières, les populations riveraines sont directement affectées. Cela est autant vrai que cette occupation anarchique des fonds de vallées est aggravée par le manque d'infrastructures de gestion adéquate des eaux pluviales.

3-3-4. Occupation des fonds de vallées et défaillance de la GUEP

A Djiri en général et dans la zone d'étude en particulier, les populations occupent les lits majeurs et moyens des rivières. La *Tsiémé* et la *Mikalou* sont dans cette situation. Chaque épisode de crue de ces rivières est aggravé par les eaux de pluies qui affectent également les habitations. Cela est due à la gestion urbaine des eaux pluviales (GUEP) qui est défaillante, tant au niveau étatique, qu'au niveau des ménages. L'Etat n'a pas pris le soin de doter ces quartiers d'un bon système de drainage des eaux pluviales, malgré leur localisation topographique. Les ménages, non plus, ne se sont pas suffisamment dotés de dispositifs de domestication des eaux de pluies (bâche à eau, puits perdus, etc.). Ces derniers ne sont ni sensibilisés, ni formés sur les méthodes de cette domestication. Dans la quasi-totalité des parcelles, les toitures des maisons sont, en majorité, dotées de gouttières qui collectent les eaux des pluies et les déversent dans les voiries urbaines où elles débouchent toutes. Très peu de gouttières sont connectées à des bâches à eau ou à des puits perdus ou encore à d'autres moyens devant permettre l'infiltration des eaux depuis l'intérieur des parcelles ou de les y retenir pour leur utilisation domestique. La grande majorité des cours des parcelles sont imperméabilisées par diverses moyens. Ceci pour lutter contre la grande humidité qui règne dans ces quartiers de bas-fond. Les eaux qui tombent directement sur ces cours y demeurent pendant un moment ou sont aussi évacuées dans les voiries urbaines qui, pour la plupart, n'ont pas de caniveaux. Dans ces voiries urbaines, le drainage des eaux de pluies se fait dans des sillons aménagés sur le sol au milieu ou sur les bords (*Figure 7 P₁₃*). Mais les dimensions de ces canalisations sommaires ne leur permettent pas de contenir les masses d'eau durant les pluies abondantes. Enfin, les eaux qui tombent directement sur les cours des parcelles non imperméabilisées y demeurent longtemps à cause de la saturation des sols liée à l'humidité permanente de ces bas-fonds. Ainsi, à cause des pentes presque nulles des terrains, de l'imperméabilisation de l'intérieur de ces parcelles ou de la saturation des sols, beaucoup d'eaux de pluies stagnent surtout dans les parcelles d'habitation. C'est ce qui explique le caractère instantané des inondations dans ces quartiers car ces eaux sont vite mélangées à celles des rivières au moindre débordement de celles-ci. A cette mauvaise gestion des eaux pluviales, il faut ajouter le dépôt des déchets solides divers dans ces cours d'eau. Ce qui encombre les lits même mineurs de ces cours d'eau et gêne l'écoulement des eaux. Cet aspect, bien que n'ayant pas fait l'objet d'une étude approfondie dans ce travail, mérite néanmoins d'être évoqué. Nos observations et les témoignages des populations nous ont permis de le relever. Enfin, il importe de relever que les populations développent quelques techniques de résilience, qui malheureusement ne sont pas trop efficaces face au phénomène. La méthode répandue consiste à boucher la base des portes des maisons et des clôtures des parcelles par un mur en briques ou par des sacs remplis de sables (*Figure 7*). Ces murs empêchent l'entrée des eaux dans les parcelles et dans les maisons. Toutes fois, selon les dires des populations interrogées, ces dispositifs ont été insuffisants dans certaines parcelles durant cette crise. La hauteur des eaux a dépassé, à plusieurs endroits, ces petites barrières. Plusieurs parcelles et maisons ont alors été envahies.



Figure 7 : *Méthodes de résilience face aux inondations (P_{13} : sillon aménagé au milieu de la voirie pour la canalisation des eaux pluviales à Matari ; P_{14} : mur en briques construit devant la porte d'une maison à Matari ; P_{15} : digue de sacs remplis de sable érigée devant la maison pour la protéger de la montée des eaux). © : Sítou, 2021*

3-3-5. Quelques propositions de solutions

Au regard de ce qui précède, les réponses à ce problème d'inondations dans le bassin versant de la Tsiémé résident en une meilleure gestion des eaux pluviales. Celle-ci consiste à mettre en place, dans ces quartiers, un dispositif adéquat de drainage des eaux pluviales. Cela nécessite aussi le développement d'un système de domestication desdites eaux de pluies par les populations, à travers des bâches à eau, des puits perdus, etc. Ce dispositif devrait permettre de retarder les transferts rapides des ruissellements vers les lits des rivières et par conséquent de réduire le gonflement instantané de ces cours. Cela implique donc une sensibilisation et une formation des populations car ces équipements doivent être intégrés, c'est-à-dire construits selon les normes. Cette prise en charge des eaux de pluies par les ménages eux-mêmes devrait aussi concerner les ordures ménagères et les déchets divers. En effet, la défaillance de la collecte des ordures par les pouvoirs publics amène les populations à transformer les cours d'eau en des dépotoirs de ces déchets. Ce qui favorise leur encombrement, retarde l'écoulement des eaux et accélère leurs débordements et partant provoque les inondations. Le traitement individuel de ces ordures par les ménages est donc une solution palliative à ce problème. Enfin, la détermination par cette recherche, des limites atteintes par la montée des eaux au cours de cette inondation, permet aux décideurs de disposer des données devant les guider dans une nécessaire construction des digues qui réduiraient de façon significative la vulnérabilité des populations riveraines. En effet, la solution durable à cette épineuse question des inondations consisterait en la construction des digues solides le long de ces cours d'eau.

4. Discussion

Les questions des inondations fluviales ont fait l'objet de plusieurs études aussi bien en Afrique que partout ailleurs. Plusieurs aspects de ces phénomènes météorologiques intéressent les chercheurs. Mais dans le cadre de la discussion des résultats de cette étude il nous a paru plus utile de mettre l'accent sur la méthodologie appliquée pour l'évaluation du phénomène, les facteurs explicatifs et les solutions.

- **Méthodologie utilisée pour évaluer le phénomène**

L'approche utilisée dans cette étude a déjà été appliquée par d'autres chercheurs. En effet, la méthode qui consiste à mesurer les laisses d'eau sur le bâti et les distances entre les maisons et les lits majeurs des cours a été préconisée par un ouvrage consacré aux questions des risques et catastrophes naturels [13]. Dans cet ouvrage, cette méthode est qualifiée d'empirique. Elle est basée sur l'histoire récente et la mémoire des

populations. Elle a un caractère prévisionnel car ces repères constituent des limites sur lesquelles peuvent s'appuyer les décideurs pour délimiter les zones à risque et effectuer des zonages pour des éventuels aménagements destinés à la protection des populations. En France la loi du 30 juillet 2003 met en place l'article L563-3 du code de l'Environnement qui stipule que « Dans les zones exposées au risque d'inondations, le maire, avec l'assistance des services de l'Etat compétents, procède à l'inventaire des repères de crues existant sur le territoire communal et établit les repères correspondant aux crues historiques, aux nouvelles crues exceptionnelles ou aux submersions marines. » [15] « Le but de cet article est d'assurer la présence de repères de crues sur les territoires communaux, afin que ces événements ne disparaissent pas de la mémoire collective » [15]. Ainsi, la même publication indique qu'une étude réalisée dans la région de Tours en France a montré que « les traces d'inondations antérieures sont encore visibles sur certains bâtiments, comme la chapelle Saint-Eloi à Tours ou à l'intérieur de vieilles fermes sur la commune de Berthenay » [15]. Toujours en France, l'élaboration des plans d'exposition aux risques (PER) utilise entre autres cette approche. En effet, l'élaboration des PER commence par la mise en œuvre d'une cartographie détaillée des phénomènes et des risques et la première étape consiste à réaliser une étude des crues historiques qui « s'appuie sur un travail d'archives, de recherches sur le terrain, d'enquêtes auprès des riverains, des élus et des services responsables de l'eau » [1]. Il s'agit donc d'une approche participative qui associe les populations riveraines, témoins privilégiés de l'événement mais aussi principales victimes des phénomènes et les décideurs dont l'action est essentielle pour la résolution du problème. La méthode est aussi efficace car les repères sont des moyens sûrs pour délimiter les zones à risques. Mais en milieu urbain, pour que cette méthode soit efficace, le travail doit être réalisé le plus rapidement possible après la crise car après, plusieurs traces sont nettoyées et la mémoire des populations est faillible. Cette étude ne nous a pas permis de retrouver les traces des inondations antérieures que certaines personnes ont reconnues avoir eu lieu il y a plusieurs années. La cartographie des zones à risques par l'exploitation des images des satellites est aussi un moyen efficace d'évaluation des risques naturels comme les inondations. Le modèle numérique de terrain (MNT) que nous avons utilisé avec le logiciel de cartographie QGIS nous a permis de réaliser les cartes des pentes qui sont un des facteurs essentiels de cette inondation. Il nous a surtout permis la réalisation de la carte en trois dimensions de l'altimétrie qui montre la configuration topographique très instructive de la zone d'étude. En effet cette carte montre pourquoi les abords des cours d'eau sont très exposés et que les populations qui s'y sont installées sont très vulnérables. L'étude réalisée en 2014 dans les villes de Kinshasa et de Nouakchott, citée dans l'introduction de cet article, s'est appuyée sur l'analyse des images satellitales, notamment celles de Google Earth dont l'auteur montre la grande utilité et l'efficacité pour le suivi de certains processus (érosion littorale, érosion ravinante, étalement urbain en zone inondable) [4].

• **Facteurs explicatifs**

Plusieurs facteurs explicatifs ont été mis en relief dans cette étude. Il s'agit principalement des pluies, de la texture des formations superficielles, des pentes du terrain et des actions anthropiques. Les effets de ces paramètres et variables ont déjà été soulignés dans plusieurs travaux antérieurs. La pluie à travers ses volumes mensuels et sa fréquence est ici le principal responsable de ces inondations. De nombreuses études montrent le rôle prépondérant des pluies dans le déclenchement des inondations pluviales et fluviales. Dans la région de Pointe-Noire au Congo, « outre les ruissellements dont elles sont le facteur primaire, les pluies alimentent également les nappes d'eau souterraines dont les émergences assurent aux rivières une grande pérennité » [16]. A Niamey au Niger, le mois d'août est le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 176 mm enregistrée durant la période de 1950 à 2013 [5]. Ce sont les pluies de ce mois qui occasionnent le plus souvent les inondations dans cette ville [5]. De même, une étude réalisée à Yaoundé au Cameroun, publiée en 2022, arrive à la même conclusion lorsqu'elle indique que « la pluviométrie est sans nul doute le principal facteur qui déclenche les inondations » dans le quartier Nkolmesseng » [17]. La texture des formations

superficielles de la zone d'étude est, quant à elle, dominée par les sables qui dépassent ici 95 % avec plus de 50 % des fractions fine et moyenne et une très faible représentativité de liants (limon, argile et matière organique). Elle indique une grande perméabilité favorable aux infiltrations qui assurent la recharge des nappes. Des caractéristiques similaires ont été trouvées dans la vallée de la Djiri située un peu plus au nord de la ville où les taux de sables ont été évalués à 93.2 % à 50 cm avec 56.2 % de sables fins et moyens et 3.3 % de liants. A 100 cm de profondeur, sur les mêmes sites, ces taux ont été évalués respectueusement à 90.7 %, 58.5 % et 3.5 % [6]. Le caractère très filtrant de ce type de texture est confirmé par les taux de porosité qui sont ici largement supérieures à 3, caractéristique des formations favorables aux infiltrations. Dans le district d'Ewo, sur les plateaux sablonneux du Département de la Cuvette Ouest (Congo) où les taux de sables grossiers sont largement supérieurs à ceux des sables fins, les indices de porosité se situent entre 4 et 10 [18]. Mais cette capacité d'absorption des eaux contraste avec l'abondance des ruissellements constatée dans la zone d'étude. C'est pourquoi nous pensons que les infiltrations des eaux de pluie favorisées par cette bonne porosité, sont aussi responsables de la saturation régulière des sols qui explique même en partie l'abondance des ruissellements dans la zone d'étude. Dans des travaux consacrés à l'étude des ruissellements en Afrique de l'Ouest, publiés en 1977, il a été démontré que les volumes annuels voire mensuels des pluies influent sur l'humidité des sols, qui elle, joue un rôle direct dans le déclenchement des ruissellements [19]. Ces ruissellements exploitent les pentes dont les caractéristiques favorisent non seulement la rapidité avec laquelle les eaux atteignent les fonds des vallées mais aussi leur stagnation dans ces bas-fonds. En effets, dans la zone d'étude, les pentes qui atteignent et dépassent 30 % sur les versants y favorisent l'écoulement rapide des ruissellements et les pentes faibles voire nulles (2 % et moins) qui dominent sur les lits majeurs des rivières retardent les écoulements et favorisent les inondations. Dans le quartier Nkolmesseng à Yaoundé au Cameroun, dont la topographie, proche de celle de notre zone d'étude, se caractérise par une succession de vallées aux versants plus ou moins inclinés, les bas-fonds constituent les réceptacles, les exutoires naturels des ruissellements [17]. En effet, ici « le relief se présente aussi comme un facteur passif des inondations. L'altitude des pentes accélère le ruissellement quand l'inclinaison est accentuée et favorise la concentration des eaux lorsque celle-ci est faible » [17]. Mais dans le bassin versant en étude, l'abondance des ruissellements s'explique surtout par l'imperméabilisation des versants par l'homme qui les occupent presque entièrement. Les inondations y sont en grande partie liées à la défaillance de la gestion urbaine des eaux pluviales (GUEP) aussi bien par l'Etat que par les populations riveraines. L'occupation des lits des deux rivières est sans nul doute responsable des impacts négatifs observés ici. En effet, en s'installant sur les lits des rivières les populations se sont rendues très vulnérables. Ces faits qui font de l'homme, le principal responsable de ces catastrophes sont stigmatisés dans plusieurs autres études. Le résumé des résultats des tables rondes et des contributions de chercheurs au colloque international organisé les 2 et 3 décembre 1994 à Clermont-Ferrand (France) sur le thème « Croissance urbaine et risques naturels », indique qu'« en ville, c'est l'action humaine qui accentue les effets dommageables des phénomènes naturels, etc. Les inondations sont accélérées par l'extension anarchique des habitations dans les zones marécageuses, l'accroissement des surfaces imperméabilisées, l'encombrement des lits des cours d'eau, les aménagements mal intégrés y compris les ouvrages de génie civil » [20].

• **Solutions**

Les solutions à cette problématique des inondations, préconisées dans cet article sont une meilleure gestion des eaux pluviales qui consiste à la mise en place d'un dispositif adéquat de drainage des eaux pluviales, d'un système de domestication desdites eaux de pluies et de traitement des déchets par les populations. Ce qui implique donc une sensibilisation et une formation desdites populations. L'implication des pouvoirs publics qui devraient procéder à l'endiguement des cours d'eau serait la solution durable. Ces mesures ont été proposées par d'autres auteurs. Le « Guide de gestion des eaux pluviales » élaboré par le Gouvernement du

Québec (Canada), notamment le chapitre 5 : système de drainage en zone urbaine, indique « qu'un système de drainage fait partie du système urbain plus global et qu'il doit donc être planifié, conçu, développé et entretenu, etc. Les composantes d'un réseau mineur de drainage permettant d'évacuer sans surcharge inadmissible les débits associés à des événements pluvieux relativement fréquents (récurrence 2 à 10 ans) et incluent notamment : les gouttières de toit, les drains de fondation, le drainage local et l'aménagement des lots, les caniveaux dans les rues (ou les fossés de drainage latéraux), les puisards, les conduites souterraines, les regards, jonctions et exutoires, les bassins de rétention, les milieux récepteurs, etc. » [21]. Dans une étude réalisée sur l'assainissement liquide dans la ville de Zinder au Niger, l'auteur indique que « les ménages utilisent mal les ouvrages (d'assainissement) même s'ils sont conscients que ces déchets (sables, eaux usées, plastiques, etc. rejetés dans les caniveaux contribuent à leur mauvais fonctionnement » A cet effet il ajoute que « chaque ménage doit prendre en charge ses déchets dans le but de limiter les risques environnementaux, etc. » [22]. En France, « l'information préventive et l'éducation des populations constituent un principe fondamental de la politique de prévention des risques. Parce que la gravité du risque est proportionnelle à la vulnérabilité des enjeux du territoire, un des moyens essentiels de la prévention est l'adoption par les citoyens de comportements adaptés face aux menaces » [23].

5. Conclusion

Les inondations fluviales de 2021 dans les quartiers Mikalou-Madzouna et Matari dans l'arrondissement 9 Djiri à Brazzaville, ont fait monter les eaux à près de 40 cm en moyenne sur les murs du bâti, dans la vallée de la Tsiémé et à plus de 70 cm dans celle de la Mikalou. Le débordement a dépassé en moyenne 110 m la limite du lit majeur de la première vallée et 65 m de celle de la deuxième vallée. Ces limites ne sont pas en soi exceptionnelles mais elles ont eu des impacts négatifs sur les populations et leurs biens. Ce qui montre que les populations occupent les lits majeurs des cours d'eau et sont très exposées à ce phénomène. Les hauteurs mensuelles des pluies évaluées à environ 155 mm en moyenne et leur fréquence estimée en moyenne à un jour sur deux, sont les premiers facteurs responsables du déclenchement de ce phénomène. Les sols dont les taux de sables dépassent en moyenne 95 % sont très perméables avec un indice de perméabilité qui dépasse 3. Grâce à cette capacité d'infiltration, ils favorisent, à la fois, le gonflement des nappes phréatiques qui alimentent les sources et sourcins et les ruissellements à cause de leur saturation rapide. Les ruissellements dont l'abondance est surtout liée à l'imperméabilisation du sol par l'occupation anthropique, exploitent la topographie caractérisée par la présence des versants qui atteignent et dépassent 15 % de pente et des bas-fonds aux pentes nulles favorables à l'accumulation des eaux. Les réponses à ces inondations fluviales sont par conséquent une meilleure gestion des eaux pluviales dont l'étude vient de décrire la grande défaillance. Ce qui implique la sensibilisation et la formation des populations sur une meilleure utilisation et gestion des eaux de pluies. Cette sensibilisation nécessite une étude approfondie de la perception de ce phénomène par ladite population. C'est la principale perspective de la présente étude.

Références

- [1] - G. CARRY et Y. VEYRET, « La prévention du risque d'inondation : l'exemple français est-il transposable aux pays en développement ? », *Cah. Sci. hum.*, 32 (2) (1996) 423 - 443 p.
- [2] - M. TCHOTSOUA et J. BONVALLOT, « Phénomène d'érosion et gestion urbaine à Yaoundé (Cameroun). Pratique de gestion de l'environnement dans les pays tropicaux ». Talence, DMSET, CRET, (Espaces Tropicaux), N° 15 (1997) 517 - 528 p.
- [3] - V. NOVEMBER, « Risques naturels et croissance urbaine : réflexion théorique sur le rôle et la nature du risque dans l'espace urbain », *Revue de géogr. ALPINE*, 32 43 (1994) 113 - 123 p.
- [4] - P. OZER, « Catastrophes naturelles et aménagement du territoire : de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement. », *Geo-Eco-Trop.*, 38,1, n.s., (2014) 209 - 220 p.
- [5] - A. BONTIANTI et C. BABALE, « Installations à risques : exemple de la rive gauche de la ville de Niamey », in « villes et risques hydrométéorologiques en Afrique subsaharienne » sous la direction de M. SIMEU-KAMDEM, I. BOUZOU MOUSSA et F. VANGA ADJA, Ed. L'Harmattan Cameroun, (2022) 95 - 108 p.
- [6] - R. NGATSE, L. SITOU et I. A. W. M'BOUKA MILANDOU, « l'érosion hydrique dans le bassin versant de la Djiri au nord de Brazzaville (République du Congo) : Analyse et quantification », *Revue marocaine de géomorphologie*, N°1 (2016 - 2017) 95 - 112 p.
- [7] - L. SITOU, Dynamique et cause de l'érosion dans la périphérie nord de Brazzaville, LARDYMES, Faculté de Lettres et des Sciences Humaines, Université de Lomé, (2008) 78 - 91 p.
- [8] - L. SITOU, B. MAYIMA et M. TCHOTCHOA, « Erosion hydrique en milieu urbain : cas du plateau de Makélékélé au sud de Brazzaville » *Revue de l'interdisciplinaire Groupe de Recherche sur l'Afrique Contemporaine (IGRAC)*, juin, Congo, N°9 (2013) 119 - 135 p.
- [9] - P. J. NGAZZI, Etude de l'Efficacité des méthodes de lutte contre l'érosion hydrique à Brazzaville, Thèse de doctorat Unique, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, (2017) 291 p.
- [10] - J. F. MABIALA, « Morphologie du site de Brazzaville et ses environs ». CES B. Université de Bordeaux III (France), (1973)
- [11] - A. LE MARECHAL, « Contribution à l'étude des plateaux Batéké. Géologie, Géomorphologie, Hydrogéologie ». Ed. ORSTOM, Brazzaville, (1966) 42 p.+ 4 Cartes
- [12] - D. SCHWARTZ, « Les sols des environs de Brazzaville et leur utilisation ». ORSTOM Santé Urbanisation et AGECO. Publié avec le concours de la Mission Française de Coopération et d'Action Culturelle. Brazzaville. R. P. Congo, (1986) 37 - 56 p.
- [13] - A. DAUPHINE, « Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer », Armand Colin, Col. U., Paris, (2005) 289 p.
- [14] - B. DRIDI & A. DILMI, « Poids des différentes caractéristiques des sols dans l'estimation de leur rétention en eau ». *Etude et Gestion des Sols*, 18 (4) (2011) 247 - 257 p.
- [15] - L. ROCHE, « La perception du risque d'inondation par les habitants des zones inondables, projet de fin d'étude », Rapport de fin d'étude de l'Université François RABLAIS de Tours, France, (2010) 62 p.
- [16] - L. SITOU, Les cirques d'érosion dans la région de Pointe-Noire (Congo) : étude géomorphologique. Thèse de Doctorat, ULP, CEREG, Strasbourg (France), (1994) 225 p.
- [17] - M. SANDJOL ANKOH SIMEN, « Occupation des élobi et risques d'inondation à Yaoundé : analyse d'une vulnérabilité sociale » in « villes et risques hydrométéorologiques en Afrique subsaharienne » sous la direction de M. SIMEU-KAMDEM, I. BOUZOU MOUSSA et F. VANGA ADJA, Ed. L'Harmattan Cameroun, (2022) 70 - 89 p.
- [18] - S. OBELANDO ASSOUNGA et L. SITOU, « Etude de la vulnérabilité aux risques d'érosion hydrique de la route nationale n° 10 (rn10), tronçon Kouya - Alleme dans le district d'Ewo (République du Congo) », *DaloGéo, revue scientifique spécialisée en Géographie*, Université Jean Lorougnon Guédé, numéro 007, (2022) 158 - 176 p.

- [19] - E. ROOSE, « Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest », Trav. Doc. N° 78, ORSTOM, Paris, (1977) 108 p.
- [20] - R. D'ERCOLE, J.- C. THOURET, J. P. ASTE, O. DOLLFUS et A. GUPTA, « Croissance urbaine et risques naturels », résumé des résultats des tables rondes et des contributions de chercheurs français et étrangers au colloque international « Croissance urbaine et risques naturels » tenu les 2 et 3 décembre 1994 à Clermont-Ferrand (France), *Bull. Assoc. Géogr. Franc.*, Paris, 4 (1995) 4 311 - 338 p.
- [21] - Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs et Ministère des Affaires Municipales, des Régions et de l'Occupation du Territoire, « Guide de gestion des eaux pluviales, Chapitre 5 : système de drainage en zone urbaine », Quebec (Canada), (1999)
- [22] - A. KAILOU DJIBOU, « Urbanisation et assainissement liquide dans la ville de Zinder au Niger » in « villes et risques hydrométéorologiques en Afrique subsaharienne » sous la direction de M. SIMEU-KAMDEM, I. BOUZOU MOUSSA et F. VANGA ADJA, Ed. L'Harmattan Cameroun, (2022) 51 - 69 p.
- [23] - Les cahiers du CEREMA, « Culture du risque, les populations au cœur de l'action », Edition CEREMA, France, (2023) 44 p.