



ARTICLE DE RECHERCHE

Article Info.:

Reçu : le 15/01/2025

Accepté : le 25/03/2025

Publié : le 06/05/2025

GESTION DES EAUX PLUVIALES DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA VILLE DE KINSHASA : CAS DU DISTRICT DU MONT-AMBA

Modeste Kisangala Muke ^{1,*}, Médard Ntombi Muen Kabeya ¹, Didier Yina Ngunga ¹, Moïse Losembe Konga ¹, Blaise Kamosi Zola ¹, Fidel Puela Puela ¹, Alexis Vuni Simbu ¹, Dan Kalumbi Mposhi ¹, Jordan Diawakana Munza ¹

<https://doi.org/10.70237/jafrisci.2025.v2.i1.04>

Resumé

Depuis quelques années, on enregistre de plus en plus des cas d'inondations et d'érosion des sols à chaque saison des pluies dans la ville de Kinshasa. Ces phénomènes sont induits par l'inadéquation ou l'absence d'un réseau d'assainissement performant. Cette étude vise à évaluer l'état actuel du réseau d'assainissement dans le district du Mont-Amba à Kinshasa, proposer les récurrences des intensités des pluies requises pour le dimensionnement des collecteurs adaptés au changement climatique, et dimensionner les collecteurs susceptibles d'évacuer les eaux pluviales dans le district du Mont-Amba. La méthodologie utilisée a consisté à : (1) Analyser les pluies journalières maximales de Kinshasa/Binza à l'aide de la loi de Gumbel et de Louis-Duret, pour déterminer les intensités des pluies à considérer dans les dimensionnements des collecteurs d'eaux pluviales ; (2) Evaluer l'état des réseaux d'assainissement dans le district de Mont-Amba à travers des observations directes sur le terrain ; (3) Proposer et dimensionner un nouveau réseau des collecteurs couvrant la zone d'étude en utilisant la méthode rationnelle et la formule de Manning-Strickler. Les résultats de cette étude indiquent que dans la ville de Kinshasa, les quantités d'eau de pluies attendues dans le cadre du changement climatique seront supérieures à 220 l/s/ha/j, et que les infrastructures de collecte d'eau, dans leur état actuel (vétusté, dysfonctionnement, bouchage, etc.) ne seront pas efficaces. Cette nouvelle donnée a été prise en compte pour le calibrage d'un nouveau réseau des collecteurs capables de gérer ce flux d'eau.

Mots clés : Changement climatique, réseau de drainage, assainissement, risques hydrologiques, Dimensionnement, Kinshasa.

Abstract

This study aims to assess the current state of the sanitation network in the Mont-Amba district of Kinshasa, propose the recurrences of rainfall intensities required for the sizing of collectors adapted to climate change, and size the collectors likely to evacuate rainwater in the Mont-Amba district. The methodology used consisted of : (1) Analyzing the maximum daily rainfall of Kinshasa/Binza using the Gumbel and Louis-Duret law, to determine the rainfall intensities to be considered in the sizing of rainwater collectors; (2) Assessing the state of sanitation networks in the Mont-Amba district through direct field observations; (3) Proposing and sizing a new network of collectors covering the study area using the rational method and the Manning-Strickler formula. The results of this study indicate that in the city of Kinshasa, the expected rainfall volumes under climate change will exceed 220 l/s/ha/d, and that the water collection infrastructure, in its current state will no longer be able to contain the water produced. This new situation was taken into account when calibrating a new network of collectors able of managing this water flow.

Key words : Climate change, drainage network, sanitation, hydrological risks, sizing, Kinshasa.

1. INTRODUCTION

La question du changement climatique est actuellement au centre des préoccupations des sociétés humaines [1]. Les modèles climatiques projettent une augmentation globale des précipitations dans des régions humides, avec comme conséquences, l'accroissement des catastrophes d'origine

naturelle telles que l'érosion des sols et les inondations [2] ; [3] ; [4] et [5].

La ville de Kinshasa située dans un climat tropical humide, n'échappe pas à cette triste réalité. Les études menées par les auteurs [6], [7] et [8] projettent une augmentation des précipitations qui se traduiraient en termes de volume et d'intensités dans la ville de Kinshasa. Ceci constitue une

préoccupation majeure en matière de gestion des eaux des pluies puisque la plupart d'ouvrages d'assainissement à Kinshasa sont vétustes, bouchés et/ou sous-dimensionnés [9], [10], [11], [12] et [13]. Ils ne font plus face à l'augmentation des régimes des pluies qui serait causée par le changement climatique et aux changements de la couverture des terres et les affectations de sols.

Les observations sur le terrain révèlent que lors des fortes pluies, plusieurs ouvrages de drainage sont submergés par les eaux, causant les inondations, l'érosion des sols et la dégradation précoce des voiries.

Si plusieurs épisodes d'inondations et d'érosions ont frappé Kinshasa durant ces dernières décennies, il reste évident que la pluie n'est pas le seul facteur responsable [14] ; [7] ; [15] et [16]. Il est aussi reconnu le concours de plusieurs autres facteurs parmi lesquels le dimensionnement et l'état des ouvrages de drainage des eaux pluviales.

Cette étude vise à évaluer l'état du réseau de drainage des eaux du district de Mont-Amba dans la ville de Kinshasa face à l'augmentation des quantités des eaux de pluie suite au changement climatique et de déterminer les intensités des pluies requises et à prendre en compte par les ingénieurs civils lors du dimensionnement des nouveaux collecteurs, afin de les rendre efficaces dans la gestion des eaux de ruissellement, et de

prévenir ainsi les érosions hydriques et les inondations.

2. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

Le district du Mont-Amba est l'un des quatre districts de la ville province de Kinshasa. Avec une superficie de 116,88 Km², Il couvre les communes urbaines de Limete, Lemba, Matete, Kisenso et de Ngaba. Il est limité au nord par le fleuve Congo, au sud la province du Kongo-Central, à l'Est par le district de Tshangu, à l'Ouest par les districts de Lukunga et Funa (Figure 1). Faisant partie intégrante de la ville de Kinshasa, le district du Mont-Amba bénéficie d'un climat tropical humide à saison alternée avec une saison sèche bien marquée qui peut durer 4 mois, séparée de la saison des pluies par une petite saison sèche de 2 à 3 semaines entre janvier et février. Les températures moyennes oscillent autour de 25°C, induisant des précipitations qui atteignent une moyenne annuelle de ± 1413 mm. Le réseau hydrographique dans le district du Mont-Amba est composé du fleuve Congo et des rivières N'djili, Funa, Yolo et Matete (Fig.1). Le sol est essentiellement sablonneux et vulnérable, ce qui le prédispose à l'érosion hydrique. Sa topographie est caractérisée par une plaine qui constitue la partie basse, et les collines plus au sud constituant les parties surélevées.

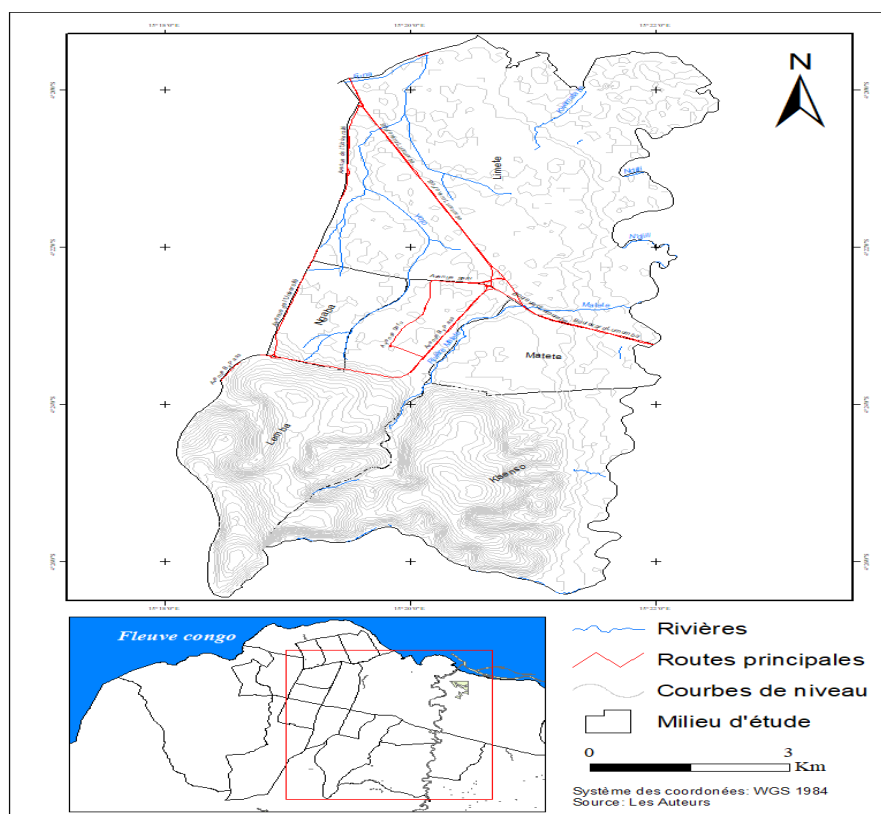


Figure 1. Localisation du District de Mont-Amba

3. METHODES

3.1. Collecte des données

La réalisation de cette étude repose sur deux types de données :

- Les pluies journalières maximales de 51 ans (1970-2021), données récoltées à l'Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite (METTELSAT) de Kinshasa/Binza, pour déterminer les intensités des pluies pour chaque période de retour ;

- Les données des cartes analogiques de canalisations à ciel ouvert du district du Mont-Amba à l'Office de Voirie et de Drainage (OVD), dans le but de les numériser et de les actualiser ;

Ces données ont été complétées et appuyées par des enquêtes de terrain réalisées du 9 février au 11 mars 2023.

3.2. Traitements des données collectées

3.2.1. La loi exponentielle de Gumbel

La loi de Gumbel a été utilisée pour estimer les périodes de retour des pluies maximales journalières auxquelles on doit s'attendre dans la ville de Kinshasa. Cet ajustement s'est fait en utilisant la méthode graphique. La fonction de répartition de la loi de Gumbel se calcule suivant la formule ci-après :

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left[-\frac{x-a}{b}\right]\right] \quad (1)$$

La variable réduite est décrite par l'expression :

$$u = \frac{x-a}{b} \quad (2)$$

Où a et b sont les paramètres du modèle de Gumbel. La distribution s'écrit alors de la manière suivante :

$$F(x) = \exp[-\exp[-u]] \quad (3)$$

$$u = -\ln(-\ln(F(x))) \quad (4)$$

L'avantage d'utiliser la variable réduite est que l'expression d'un quantile est alors linéaire :

$$X_q = a + b \cdot \mu_q \quad (5)$$

Dès lors que les points de la série à ajuster peuvent être reportés dans un système d'axes cartésiens $x-u$, il est possible d'ajuster une droite qui passe le mieux par ces points et d'en déduire les deux paramètres a et b de la loi.

En pratique, il s'agit essentiellement d'estimer la probabilité de non dépassement $F(x_i)$ qu'il convient d'attribuer à chaque valeur x_i . L'estimation de la fonction de répartition s'est faite à

l'aide de la fréquence empirique d'Hazen : $\frac{r-0,5}{n}$; où r est le rang dans la série de données classées en ordre croissant, n la taille de la série, et $x(r)$ la valeur de rang r .

Le temps de retour d'un événement est inversement proportionnel à la fréquence d'apparition de l'événement. Il s'écrit mathématiquement de la manière suivante :

$$T = \frac{1}{1 - F(x_i)} \quad (6)$$

Les démarches élaborées sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Tri des pluies maximales en mm/jour selon l'ordre croissant, calcul de fréquence empirique et variable réduite

Année	Pluies max (en mm/jr)	Rang	Fréquence d'Hazen	Variable réduite
2021	36,2	1	0,009615385	-1,535660233
2018	40,8	2	0,028846154	-1,265757772
1984	43,5	3	0,048076923	-1,110195934
2019	53,7	4	0,067307692	-0,992688929
2020	55	5	0,086538462	-0,894930752
1983	63,1	6	0,105769231	-0,809371503
1987	67,9	7	0,125	-0,732099368
1972	71	8	0,144230769	-0,660799954
1991	73,5	9	0,163461538	-0,593977217
1979	75,6	10	0,182692308	-0,530599968
1992	79,4	11	0,201923077	-0,469921414
1988	79,5	12	0,221153846	-0,41137871
1971	80,9	13	0,240384615	-0,354533204
1977	83,3	14	0,259615385	-0,299032932
1982	84,2	15	0,278846154	-0,244588022
1978	85,6	16	0,298076923	-0,190953936
1974	88,8	17	0,317307692	-0,13791967
1970	89,4	18	0,336538462	-0,08529918
1975	90	19	0,355769231	-0,032924962
1976	97	20	0,375	0,019356889
2007	101	21	0,394230769	0,071690615
2005	101,1	22	0,413461538	0,124214039
1980	102,4	23	0,432692308	0,177061325
1996	103,9	24	0,451923077	0,230365445
2004	105,8	25	0,471153846	0,284260465
2006	105,8	26	0,490384615	0,338883769
2008	105,8	27	0,509615385	0,394378316
2010	107,6	28	0,528846154	0,450895025
1986	107,8	29	0,548076923	0,508595394

1985	108,5	30	0,567307692	0,567654465
2003	110,1	31	0,586538462	0,628264278
2012	115,3	32	0,605769231	0,690637986
2014	115,9	33	0,625	0,755014863
2015	120,3	34	0,644230769	0,821666515
1993	122	35	0,663461538	0,890904715
1994	125,3	36	0,682692308	0,963091443
1989	125,4	37	0,701923077	1,038652006
1973	128,2	38	0,721153846	1,118092444
2017	129,4	39	0,740384615	1,202023115
1995	131,5	40	0,759615385	1,291191306
1999	133,5	41	0,778846154	1,38652741
2009	134,3	42	0,798076923	1,489212123
2000	135,4	43	0,817307692	1,600777311
2001	137,2	44	0,836538462	1,72326315
1981	140,7	45	0,855769231	1,85947404
1997	140,8	46	0,875	2,013418678
1990	142,3	47	0,894230769	2,191120591
2002	152,7	48	0,913461538	2,402250661
2016	157,9	49	0,932692308	2,663843085
1998	168,4	50	0,951923077	3,010418612
2013	173	51	0,971153846	3,531179117
2011	178,2	52	0,990384615	4,639563833

3.2.2. La loi de Louis-Duret

La formule empirique de Louis-Duret a permis de ressortir les intensités des pluies à considérer pour dimensionner les ouvrages de drainage

Cette formule se présente de la manière suivante :

$$H(t, T) = 0,17 \times H(t, T) + 45,12; \quad (7)$$

Avec :

- $H(t, T)$: Hauteur pluviométrique de durée t (en heure) et de période de retour T ;
- Les constantes 0,17 et 45,12 sont des valeurs empiriques calculées par Louis Duret en 1976 pour les pays tropicaux.

Pour déterminer, par exemple, l'intensité de la pluie en prenant en compte une pluie décennale, l'expression de Louis-Duret s'écrit :

$$H(1, P_{10}) = 0,17 \times H(24, P_{10}) + 45,12$$

Où :

- $H(24, P_{10})$: Pluie de 24h avec une récurrence de 10 ans ;
- $H(1, P_{10})$: Pluie d'une heure avec une récurrence de 10 ans.

Cette détermination s'est faite pour les périodes de 5, 10, 20, 50 et 100 ans. L'intensité proprement dite s'est obtenue en convertissant le millimètre par heure (mm/h) en litre par hectare par seconde (l/ha/s), en sachant que 1 mm d'eau de pluie vaut 1 litre d'eau absorbé sur superficie d'un 1 m², et que 1 hectare est égal à 10.000 m² [17]. Ces intensités vont permettre aux constructeurs de calibrer les ouvrages de drainage en tenant compte des différentes récurrences.

3.2.3. Cartographies des canalisations à ciel ouvert

Les cartes sur les canalisations à ciel ouvert du District du Mont-Amba ont été élaborées sur la base des cartes analogiques fournies par le service de l'OVD. Ces cartes ont été scannées puis insérées dans le logiciel Arc GIS 10.8. Par la suite, elles ont été géoréférencées pour qu'elles acquièrent une identité spatiale dans le logiciel.

Il s'en est suivi des séances des digitalisations de toutes les canalisations, en vue de mettre en place une base de données géographiques des canalisations. Enfin, des cartes thématiques par commune de la zone d'étude ont été produites ; auxquelles ont été ajoutées les limites des communes, les tracés des routes et les rivières. Des enquêtes et observations sur le terrain ont été effectuées pour compléter et actualiser cette cartographie, mais aussi appréhender les causes de dysfonctionnement des caniveaux sur le terrain.

3.2.4. Dimensionnement des collecteurs

3.2.4.1. Délimitation des sous-bassins

La délimitation du bassin versant s'est faite au moyen des lignes de plus grande pente et de la ligne de crête qui correspond souvent à la ligne de partage des eaux. La zone d'étude a été subdivisée en 4 bassins versants et 99 sous-bassins versants en suivant le sens d'écoulement des eaux. Le bassin versant 1 a été subdivisé en 31 sous-bassins versants d'une superficie totale de 45,9 ha ; le bassin versant 2 en 16 sous-bassins versants de 23,3 ha ; le bassin versant 3 en 11 sous-bassins versants de 23,4 ha ; et le bassin versant 4 en 33 sous-bassins versants de 767,1 ha. La surface totale des sous-bassins versants est de 859,81 ha.

3.2.4.2. Calcul du débit à évacuer

Le débit est le volume d'eau qui traverse une section perpendiculaire à l'axe du chenal par unité de temps. Il est toujours exprimé en mètre cube par seconde (m^3/s) ou en litre par heure (l/h). En assainissement urbain, il existe trois méthodes permettant de calculer les débits pluviaux, à savoir : la méthode rationnelle, la méthode superficielle et la méthode linéaire. Nous avons opté pour la méthode rationnelle parce qu'elle s'adapte mieux aux bassins versant urbains et permet tout au long du développement du calcul, de rationaliser les résultats et de dégager ainsi les meilleures caractéristiques du projet à retenir. Sa formule mathématique est la suivante :

$$Q_p = K_i * C * I * A^{1-\varepsilon} \quad (8)$$

Avec $0 \leq \varepsilon \leq 0,05$ Où :

Q_p : débit de pointe de l'hydrogramme en m^3/s ;

K_i : constante d'homogénéité ;

C : coefficient de ruissellement variant entre 0 et 0,95 ;

ε : Coefficient d'ajustement de l'intensité en fonction de la fréquence de l'averse. Pour une averse d'une fréquence décennale, sa valeur est de 0,05 ;

I : Intensité de la précipitation en mm/h ;

A : superficie du bassin versant en hectares (ha).

3.2.4.3. Dimensionnement proprement dit

Le dimensionnement consiste à définir les dimensions à donner aux collecteurs proposés pour évacuer vers un exutoire la quantité d'eau récoltée lors d'une averse. Pour ce faire, nous avons utilisé la formule de Manning-Strickler qui s'énonce de la manière suivante :

$$Q = K * A * R^{2/3} * I^{1/2} \quad (9)$$

Avec :

Q : débit transitant dans la canalisation considérée en m^3/s ;

K : coefficient de rugosité des parois de la canalisation ; $K = \frac{1}{n}$

où n est le coefficient de Manning-Strickler équivalent à 0,014 ;

A : section mouillée de la canalisation en m^2 ;

R : rayon hydraulique moyen en m ;

I : pente moyenne de l'ouvrage en m/m.

La vitesse de l'écoulement peut être déduite de la manière suivante :

$$V = K * R^{2/3} * I^{1/2} \quad (10)$$

Le débit transitant dans la canalisation peut donc s'écrire :

$$Q = V * A \quad (11)$$

Dans le cas de cette étude, nous avons adopté pour des canalisations à section rectangulaire avec parois en béton armé.

$$\frac{H}{B} = \frac{4}{3} \rightarrow H = \frac{4}{3}B$$

D'où le rapport :

Ce coefficient donne une section rectangulaire disposée verticalement ; c'est-à-dire la base (B) est plus petite que la hauteur (H) afin d'obtenir un rayon hydraulique (R_h) plus grand pour une section donnée. Le rayon hydraulique s'écrit :

$$R_h = \frac{B \cdot H}{2H + B} = \frac{A_{\text{mouillée}}}{P_{\text{mouillée}}} \quad A = B \times H$$

Section mouillée

$$P = 2H + B$$

Périmètre mouillé

$$B = \frac{1,16 Q_p^{0,375} \cdot n^{0,375}}{I^{0,1875}} \quad (12)$$

$$H = 4B/3 \quad (13)$$

Et

4. RESULTATS

4.1. Détermination de l'intensité des pluies

L'ajustement des pluies maximales établi suivant la loi statistique de Gumbel est présenté dans la figure 2

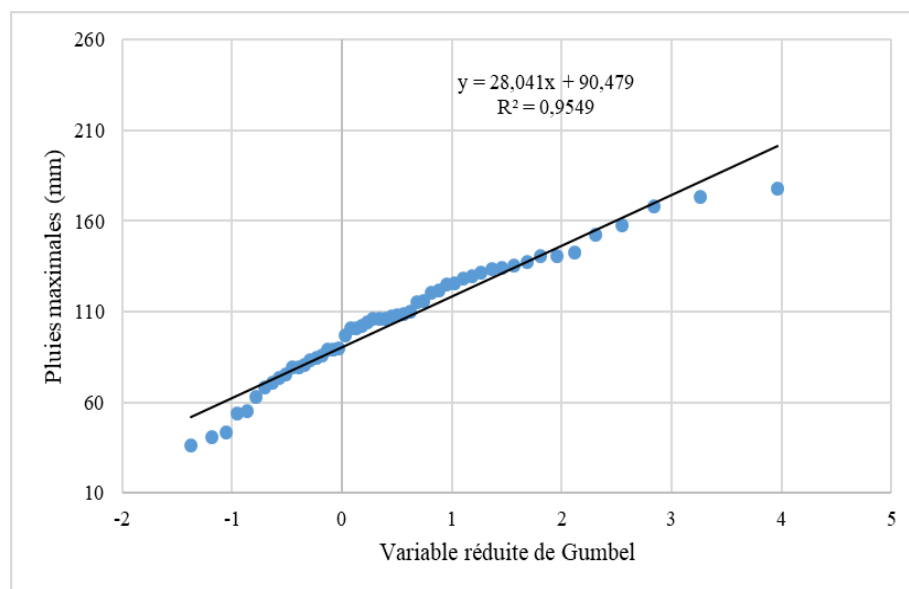


Figure 2. Diagramme d'ajustement de Gumbel sur les pluies journalières à Kinshasa

La figure 2 met en exergue les coefficients a et b de la droite de régression qui sont respectivement de **90,479** et **28,041**. L'ajustement des points présente une bonne distribution avec un coefficient de corrélation proche de 1 ($R^2 = 0,9549$).

A partir de ce graphique, il a pu être calculé les quantiles de précipitations centennales, cinquantiennes, bidécennales, décennales et quinquennales. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Calculs des périodes de retour des pluies maximales

Période de retour T (en années)	100	50	20	10	5
Probabilité de non dépassement de pluies maximales en 24h	0.99	0.98	0.95	0.9	0.8
Variables réduites	4.600	3.970	2.970	2.250	1.499
Pluies de pointes pour période de retour T (en mm)	219.47	199.893	173.766	153.581	132.538

Selon les travaux de [7], la pluie centennale s'est déjà produite à Kinshasa en date du 17 mai 2001, avec une hauteur de 212 mm d'eau en un jour. Cela a causé la mort de 33 personnes suite aux inondations. Pour se protéger de telles averses dans l'avenir, il a été proposé les dimensionnements des ouvrages de drainage en tenant compte des intensités des pluies centennales, cinquantennales, bidécennales et décennales.

Pour la pluie décennale dont la valeur est de 153,581 mm/24h, l'intensité en 1 heure s'est obtenue comme suit :

$$H(1, P_{10}) = 0,17 \times 153,581 + 45,12 = 71,22 \text{ mm/h}$$

En convertissant la valeur en litre par seconde par hectare

(l/s/ha), on obtient : $\frac{71,22 \times 10000}{60 \times 60} = 197,86 \text{ l/s/ha}$. Suivant la même procédure, il est aisé de calculer l'intensité pour 20, 50 et 100 ans. Les résultats de ces calculs sont synthétisés au tableau 3.

Tableau 3. Intensité des pluies en litre par seconde par hectare pour les périodes de retour 10, 20, 50, 100 ans

Période de retour	Hauteur d'eau en mm/jr	Hauteur d'eau en mm/h	Intensités en l/s/ha
10	153,581	71,22	197,86
20	173,766	74,66	207,39
50	199,893	79,10	219,73
100	219,47	82,43	228,97

Ces récurrences ou périodes de retour calculées par litre par hectare et par seconde vont permettre aux ingénieurs civils de dimensionner les ouvrages de drainage en calibrant selon ces récurrences d'intensités des pluies.

A titre indicatif, pour construire le collecteur principal, l'ingénieur devra dimensionner l'ouvrage de drainage en tenant compte de l'intensité à la récurrence de centennale (228,97 l/s/ha) ou cinquantennale (219,73 l/s/ha), selon les moyens financiers à sa disposition. Par la suite, il devra considérer les intensités des pluies décennales (197,86 l/s/ha) et bi décennales (207,39 l/s/ha) pour dimensionner les ouvrages secondaires qui alimenteront le collecteur principal.

4.2. Evaluation du système de drainage dans le district du Mont-Amba

Le système de drainage dans une municipalité dépend de la topographie de cette dernière. Le district du Mont-Amba est bâti sur deux types de relief, une bonne partie est sur la plaine du Pool Malebo et une autre est sur la colline propre du Mont Amba. Compte tenu de l'importance de la surface à cartographier et à évaluer, les résultats sont présentés par commune.

4.2.1. Commune de Limete

Le réseau du système gestion des eaux pluviales dans la commune de Limete est de type unitaire. Outre les ouvrages du génie civil, les rivières qui traversent cette commune servent également de collecteurs d'eaux. Malheureusement, la population les utilise comme une décharge publique [10] et [11].

En outre, à cause du caractère marécageux de son sol, la commune de Limete connaît pendant les averses, plus de refoulement et de ruissellement, que de l'infiltration. Cela est d'autant plus vrai puisqu'il est difficile pour un sol aussi perméable qu'il soit, d'absorber en un laps de temps très court, une importante masse d'eau pluviale [18].

Les eaux de ruissellement pouvaient bien être évacuées par des ouvrages d'assainissement si ces derniers étaient fonctionnels. Malheureusement, l'absence d'un grand nombre d'ouvrages de drainage fonctionnels et l'inadéquation de ceux qui existent dans la commune de Limete est source des grandes inondations dans les quartiers Mombele, Mososo, Kingabwa, Mfumu-Mvula, Mateba, Agricole, Ndanu, Mbamu et Salongo de la Commune de Limete (Figures 3 et 4).

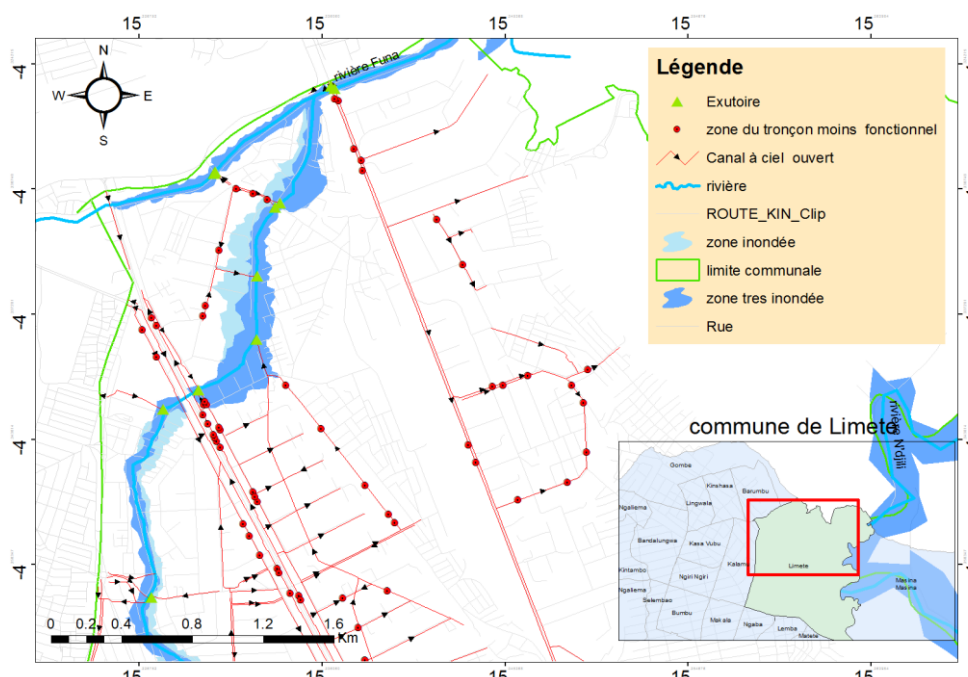


Figure 3. Carte des canalisations à ciel ouvert dans la commune de Limete Sud
(Source : Cartographie de l'OVD digitalisée et modifiée par les Auteurs)

Une autre cause d'inondation dans cette partie Sud de la commune de Limete est l'absence des pentes adéquates.

L'amplitude hypsométrique est très faible ; ce qui fait que l'eau coule difficilement dans le réseau de drainage.

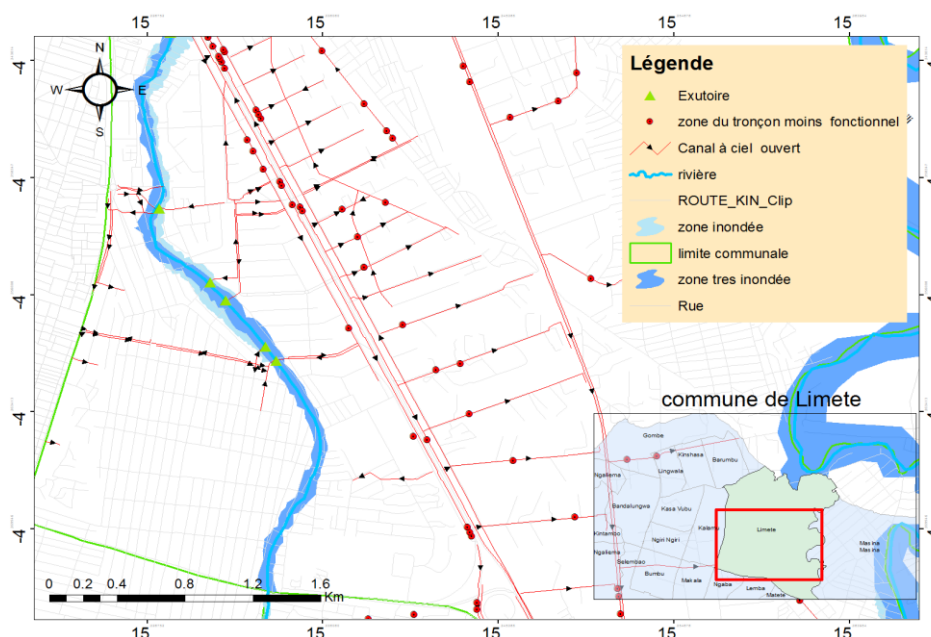


Figure 4. Carte des canalisations à ciel ouvert dans la commune de Limete Nord
(Source : Cartographie de l'OVD digitalisée et modifiée par les Auteurs)



Figure 5. Deux photos des canalisations transformées en dépotoirs publics. La photo (a) est un caniveau sur l'avenue Bobozo à la 7ème rue et la photo (b) est au quartier Ndanu dans la commune de Limete

Le rejet des bouteilles en plastique et autres déchets solides dans les collecteurs (Figures 5a, b) ne favorise pas l'écoulement des eaux et provoque par temps d'averses importantes des inondations des quartiers environnants. Certains habitants des quartiers de Limete industriel et Ndanu vivent souvent ce cauchemar pendant la saison des pluies.

4.2.2. Commune de Lemba

Les cartes des canalisations d'eau à ciel ouvert dans la commune de Lemba sont illustrées sur la figure 6. Il s'agit d'un réseau d'une longueur approximative de 39,2 Km pour une superficie de 23,7 Km². Ce réseau est sous la menace de l'ensablement provenant de l'érosion des zones collinaires au

sud de la commune et les déchets de tout genre obstruent le passage de l'eau et rendent les avenues insalubres [19]. Il s'observe également que certaines canalisations n'arrivent pas à l'exutoire. En effet, les eaux acheminées par les ouvrages de drainage n'atteignent pas la rivière, mais finissent par contre leur course dans la rue, en créant des lacs d'eau artificiels, véritables gîtes de prolifération des moustiques et autres vecteurs des maladies [20] ; [21] ; [10] et [11].

Aussi, les eaux qui se déversent au pied des collecteurs, les affouillent puis les sapent au fil des jours en les mettant en porte-à-faux. Ceux-ci finissent par s'écrouler sous l'effet de leur propre poids. Cette situation est la première étape de formation d'un ravin le long du tracé du collecteur [15].

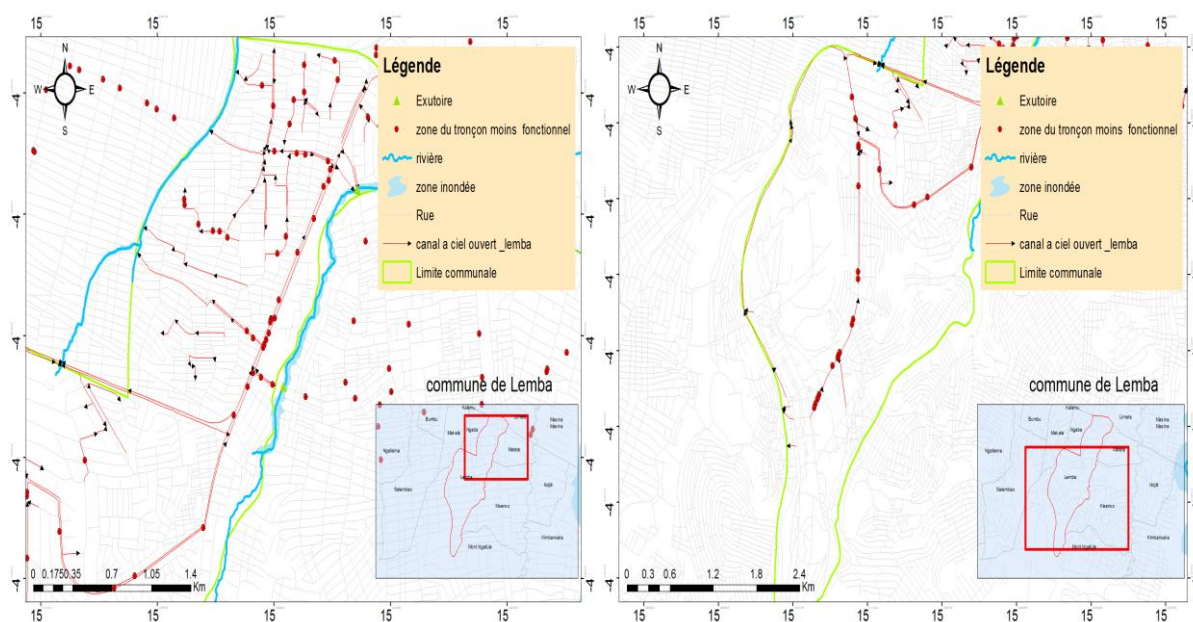


Figure 6. Carte des canalisations à ciel ouvert dans la commune de Lemba Nord
(Source : Cartographie de l'OVD digitalisée et modifiée par les Auteurs)

La figure 6 illustre la difficulté d'écoulement des eaux dans cette partie de la ville de Kinshasa. Comme on peut l'observer dans la partie de la commune de Lemba, la continuité des

ouvrages de drainage s'estompe et les eaux usées n'atteignent que difficilement les rivières Matete et Yolo.

La figure 8 illustre un cas de figure, celui de rejet d'immondices de toute nature et l'occupation, entraînant le rétrécissement du lit mineur d'un cours d'eau naturelle. Ceci montre à suffisance qu'en cas des pluies diluviennes les riverains ne seront pas épargnés par les eaux d'inondation en furie. On en déplorera à chaque saison des pluies des pertes des biens et des vies humaines.

4.2.4. Commune de Kisenso

La Commune périurbaine de Kisenso étant perchée sur sa colline ne dispose que d'un seul caniveau, se trouvant le long de l'avenue de la paix. Cette avenue longue de 7,5 Km a été construite par les sociétés Abi Construt et l'OVD dans le cadre

du programme de 100 jours du Chef de l'État. Par manque d'un réseau d'assainissement pouvant drainer les eaux pluviales, la commune de Kisenso fait face à des têtes d'érosion de dimension plus ou moins spectaculaires [22] ;[7] ; [23] et [15]. En effet, lorsqu'il pleut, les eaux de ruissellement se transforment en des véritables torrents, qui par énergie cinétique, occasionnent la mise en place des grands ravins dans les zones de pentes supérieures à 12,5% [15].

Sur le terrain, 11 têtes d'érosion ont été géolocalisées à l'aide d'un GPS, en vue de présenter la situation précaire qui prévaut dans la commune de Kisenso. Ces têtes d'érosion ont été par la suite digitalisées grâce à l'image IKONOS de 1 m de résolution dans le logiciel Arc GIS. Le résultat est présenté sur la figure 9.

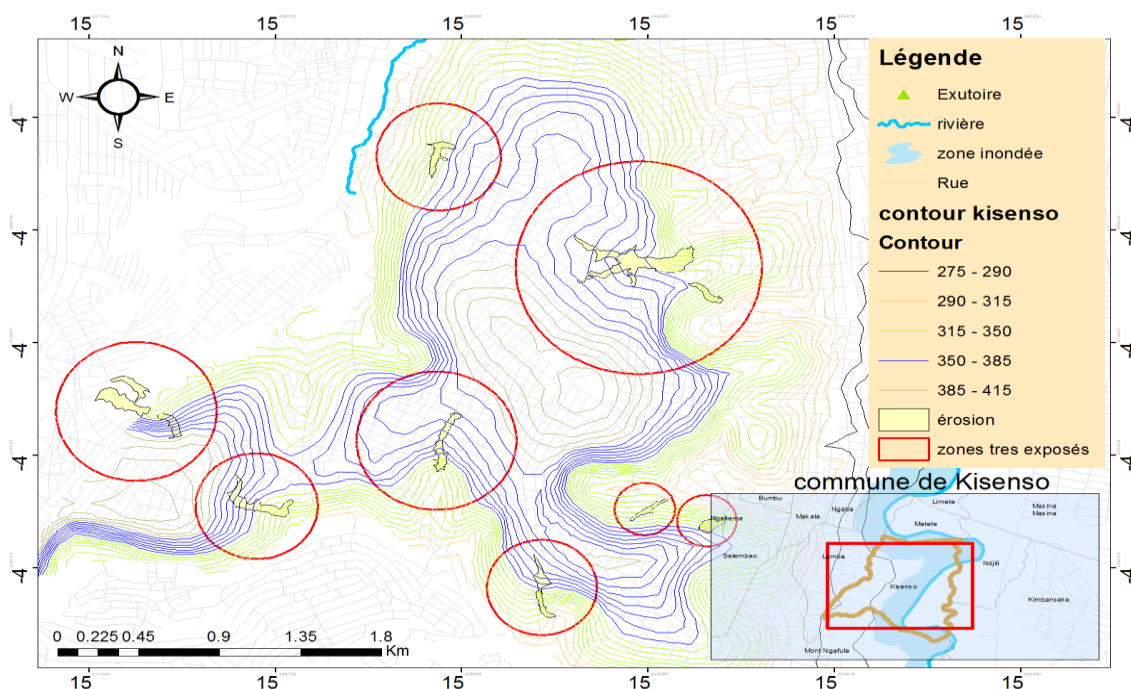


Figure 9. Cartes des quelques ravins identifiés dans la Commune de Kisenso

La figure 9 explique la caractéristique de cette commune qui est bâtie sur un plateau surplombé par plusieurs interfluvies et qui compte de fortes pentes avoisinant les 20% en certains endroits ; ce qui justifie la multiplication des têtes des ravins.

4.2.5. Commune de Ngaba

Le réseau du système de drainage pour évacuation des eaux pluviales de la commune de Ngaba a une longueur approximative de 1,129 km. La commune de Ngaba ne compte pas assez des collecteurs sauf ceux qui longent les grandes artères de l'avenue de l'université et de l'avenue Kianza

(Figure10). Cette commune a une surface de 4 Km². Du reste, ces collecteurs sont transformés en dépotoirs publics par la population qui a rendu le trottoir de ces avenues en marché. Les études menées par [13] attestent que le caniveau le long de l'avenue université se trouve dans un état d'insalubrité inacceptable. L'absence d'un réseau d'assainissement performant dans cette commune renforce sa vulnérabilité aux inondations. Ces inondations s'avèrent être une des causes majeures de la recrudescence du paludisme dans cette partie de la ville [24]. Les collecteurs sont devenus des lieux de prolifération des insectes vecteurs du paludisme

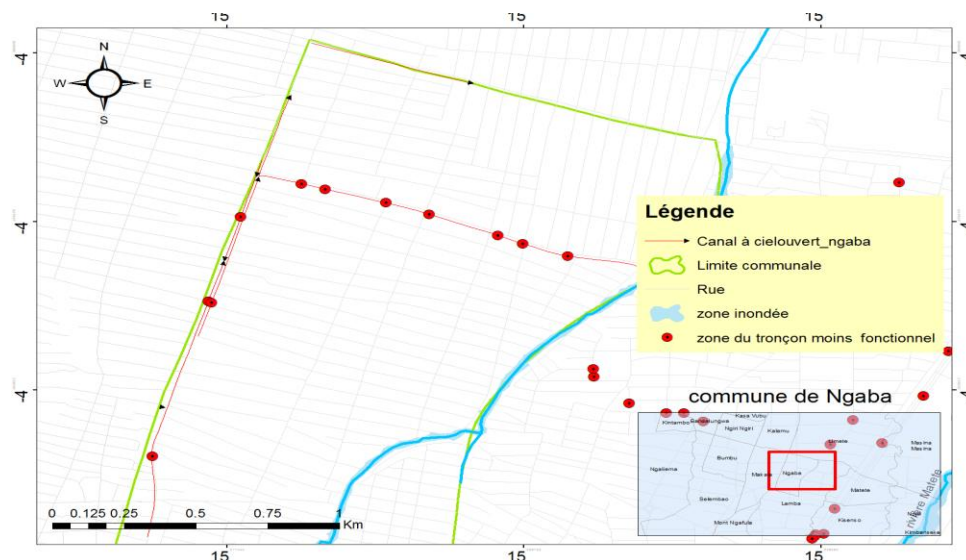


Figure 10. Carte des canalisations à ciel ouvert dans la commune Ngaba
(Source : Cartographie de l'OVD digitalisée et modifiée par les Auteurs)

Comme dit plus haut, la commune de Ngaba souffre cruellement d'ouvrages d'assainissement comme illustre la figure 10 ci-dessus. Elle ne compte que deux grandes artères asphaltées avec aménagement de système de drainage. Elle est bâtie sur un sol marécageux où il y a souvent résurgence d'eau de nappes phréatiques dans les parcelles d'habitation. Elle est de ce fait sujette d'inondation pendant la saison pluvieuse.

4.3. Dimensionnement des ouvrages de drainage d'eau pluviale

Les lois de Gumbel et de Louis-Duret ont permis de déterminer l'intensité de pluie à considérer pour le dimensionnement des collecteurs ; il s'agit à présent de définir, à l'aide de la formule hydraulique de Manning-Strickler, les dimensions à donner aux collecteurs proposés pour l'évacuation du flux d'eau auquel doit s'attendre la ville de Kinshasa dans ce contexte de dérèglement climatique. Les différents résultats sont présentés par commune du district du Mont-Amba, excepté la commune de Matete puisque les enquêtes sur le terrain dans cette commune ont révélé l'existence d'un réseau de drainage assez acceptable.

4.3.1. Commune de Limete

Le réseau proposé dans la commune de Limete est du type unitaire. Il couvre les quartiers Kingabwa, Mbamu et Nzadi, comptant un collecteur principal et 13 collecteurs secondaires. Le collecteur principal a comme exutoire, la rivière N'djili dans sa limite avec la commune de Masina. Les éléments du dimensionnement sont présentés dans tableau ci-dessous.

Tableau 4. Eléments du dimensionnement des ouvrages de drainage dans la commune de Limete

Tronçon	Qp débit de pointe (m ³ /s)	Pente moyenne (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	A section mouillée (m ²)	Périmètre mouillé(m)	Vitesse (m/s)	Rayon hydraulique (m)	Débit transitant dans l'ouvrage (m ³ /s)
collecteur 1 (sb1-sb2)	0,3882	0,00120645	0,63	0,47	0,2331	1,57	0,24726115	0,15	0,184142686
collecteur 2 (sb3-sb4)	0,613996	0,00953792	0,9	1,15	0,945	0,9	0,68221778	1,05	6,78803683
collecteur 3(sb6-sb5)	0,54385	0,00970106	0,36	0,46	0,1296	0,36	1,51069444	0,36	0,493933022
collecteur 4(sb7-sb8-sb9)	0,46065	0,02367578	0,42	0,54	0,1848	0,42	1,09678571	0,44	1,241074022
collecteur 5(sb10-sb11)	0,906738	0,00781276	0,51	0,68	0,2958	0,51	1,77791765	0,58	1,34688083
collecteur 6(sb12)	0,57338	0,00222315	0,6	0,8	0,42	0,6	0,95563333	0,7	1,141995682
collecteur7 (sb13-sb14)	0,792922	0,01560512	0,4	0,5	0,16	0,4	1,982305	0,4	0,823875329
collecteur 8(sb15-sb16-sb17)	0,5477955	0,01019852	0,4	0,35	0,1	0,4	1,36948875	0,25	0,313981851
collecteur 9(sb18-sb19-sb20-sb21)	0,766636	0,04417738	0,4	0,5	0,16	0,4	1,91659	0,4	1,386206464
collecteur 10(sb22-sb24-sb25)	0,867214	0,01350282	0,5	0,6	0,25	0,5	1,734428	0,5	1,369008721
collecteur 11(sb23-sb27-sb26)	0,8247628	0,01298847	0,5	0,6	0,25	0,5	1,6495256	0,5	1,342681402
collecteur 12 (sb28-sb29)	0,483133	0,00822558	0,35	0,25	0,0525	0,35	1,38038	0,15	0,10896055
collecteur 13(sb30-sb31)	0,483133	0,01503156	0,3	0,4	0,09	0,3	1,61044333	0,3	0,382727135
collecteur principal	8,02203773	0,01503156	0,6	0,8	0,42	0,6	13,3700629	0,7	2,899714957

4.3.2. Commune de Ngaba

La commune de Ngaba a été subdivisée en 16 sous- bassins versants d'une superficie totale de 23,3 ha. Nous proposons la construction de six collecteurs dont trois collecteurs principaux et trois collecteurs secondaires longeant les quartiers Luyi et Mukulua et se déversant dans la rivière Yolo comme exutoire. Les éléments du dimensionnement de ces collecteurs sont présentés dans le tableau 5.

4.3.3. Commune de Lemba

La commune de Lemba a été subdivisée en 11 sous bassins versants d'une superficie totale de 23.4 hectares. Il est proposé la construction d'un réseau de trois collecteurs longeant les quartiers Salongo, Molo, Gombele, et Echangeur. Ils sont de type unitaire et se déversent dans la rivière Matete. Les éléments de dimensionnement de ces trois collecteurs sont présentés dans le tableau 6.

4.3.4. Commune de Kisenso

La commune de Kisenso, la moins urbanisée de toutes les communes du Mont-Amba, est en proie aux érosions monstueuses et aux inondations suite au débordement de la rivière N'djili à l'est. Elle a été sectionnée en 33 sous-bassins versants d'une superficie totale de 767, 1 hectares. Nous avons proposé un réseau de 15 collecteurs dont 12 collecteurs secondaires et 3 collecteurs principaux qui traversent les quartiers Nsola, Bikanga, Mission, Mujinga, Regideso, Ngoba, Kisenso gare, Amba, Mbuku, Libération et Kabila. Ce réseau de type unitaire a comme exutoire, la rivière N'djili. Les éléments de dimensionnement de ce réseau sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 5. Eléments du dimensionnement des ouvrages de drainage dans la commune de Ngaba

Tronçon	Q (m3)	Pente moyenne (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	Hauteur moyenne (m)	A section (m ²)	périmètre mouillée (m)	Vitesse (m/s)	rayon hydraulique (m)	Débit traversant l'ouvrage (m ³ /s)
Collecteur 1	0.53426824	0.021247225	0.40	0.50	0.40	0.16	1.2	3.33917649	0.133333333	0.49728607
Collecteur 2	0.68605066	0.01620199	0.40	0.50	0.40	0.16	1.2	4.28781659	0.133333333	0.434249539
Collecteur 3	0.3900439	0.979766972	0.30	0.40	0.30	0.09	0.9	4.33382107	0.1	1.59836467
Collecteur principale (Section 1)	1.20743105	0.023558968	0.45	0.60	0.50	0.225	1.45	5.3663602	0.155172414	0.806531484
Collecteur principale (Section 2)	1.34182597	0.017551706	0.45	0.60	0.50	0.225	1.45	5.963671	0.155172414	0.696150054
Collecteur principale (Section 3)	0.60205133	0.012469347	0.45	0.60	0.50	0.225	1.45	2.67578369	0.155172414	0.586766146

Tableau 6. Eléments du dimensionnement des ouvrages de drainage dans la commune de Lemba

Tronçon	Q (m3)	Pente moyenne (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	A section (m ²)	Périmètre(m)	Rayon hydraulique(m)	Vitesse (m/s)	Qp débits transitant dans l'ouvrage (m ³ /s)
Colleteur 1	2.25821534	0.053299842	0.50	0.60	0.25	1.50	0.17	9.03	1.40696788
Colleteur 2	0.65179459	0.00509757	0.50	0.60	0.25	1.50	0.17	2.61	0.435113773
Colleteur 3	1.04792365	0.025437979	0.50	0.60	0.25	1.50	0.17	4.19	0.971991634

Tableau 5. Eléments du dimensionnement des ouvrages de drainage dans la commune de Kisenso

Tronçon	Q (m ³ /s)	Pente moyenne (m/m)	Base (m)	Hauteur (m)	A section mouillée (m ²)	P mouillé(m)	vitesse (m/s)	Rayon hydraulique (m)	QPS débit transitant dans l'ouvrage (m ³ /s)
Collecteur 1	13.2877778	0.03708637	1.14504604	1.52672806	1.63366932	3.99850216	8.13370102	0.408570323	13.13419229
Collecteur 2	9.10055808	0.069477298	0.88320387	1.17760516	0.95174505	3.0384142	9.56197044	0.31323743	6.524150138
Collecteur 3	11.7144702	0.04746266	1.04282392	1.39043189	1.34569323	3.62368769	8.70515648	0.371360158	13.98352547
Collecteur 4	3.57050828	0.06548807	0.62878093	0.83837457	0.46427584	2.10553006	7.69048902	0.220503071	2.916573165
Collecteur 5	4.24816123	0.052616322	0.69923198	0.93230931	0.58197729	2.3638506	7.29953097	0.246198845	4.588077033
Collecteur 6	1.43410251	0.002405562	0.8298421	1.10645613	0.83519967	2.84275437	1.71707743	0.293799451	6.562255109
Collecteur 7	6.10836827	0.050303922	0.80803023	1.07737365	0.78974746	2.76277753	7.73458428	0.285852715	1.305130352
Collecteur 8	3.78596001	0.101633454	0.59190585	0.7892078	0.40794613	1.97032145	9.28053912	0.207045469	2.540476262
Collecteur 9	5.5622041	0.051573295	0.77650442	1.03533923	0.72629505	2.64718288	7.65832582	0.27436527	7.612036658
Collecteur 10	5.14491818	0.02425987	0.86867304	1.15823072	0.9192565	2.98513448	5.59682548	0.307944752	7.355374602
Collecteur 11	7.58771784	0.062698	0.8410322	1.12137627	0.85901034	2.88378475	8.83309258	0.297876025	4.620999445
Collecteur 12	4.14630333	0.072621607	0.65227248	0.86969664	0.50205194	2.19166576	8.25871392	0.229073222	3.708788355
Collecteur S 1	16.8789393	0.053193159	1.17061066	1.56081422	1.7100447	4.0922391	9.87046675	0.41787507	19.50025234
Collecteur S 2	27.95054	0.052712321	1.4167519	1.88900253	2.53457272	4.99475695	11.0277128	0.507446658	27.79321903
Collecteur S 3	26.6134092	0.053458734	1.38728342	1.84971122	2.42734536	4.88670586	10.9639978	0.496724262	26.15946332

5. DISCUSSION

Dans un contexte où il est prévu l'augmentation du volume pluviométrique avec le changement climatique à Kinshasa [25] ; [6] et [8], il s'avère pressant de s'orienter vers une meilleure gestion des eaux pluviales pour notamment réduire les risques des catastrophes hydroclimatiques aussi bien actuels que futurs [26].

La ville de Kinshasa est caractérisée par une longue période des pluies pendant laquelle il s'enregistre des averses de période de retour de 10 ans [25] ; [23] et [7], causant la submersion des ouvrages de drainage. Il serait important de vérifier la capacité hydraulique des ouvrages de drainage, et au cas échéant, de les redimensionner en fonction de plusieurs périodes de retour comme le recommande [27]. Par ailleurs, des techniques de construction des caniveaux avec des dalles de couverture devraient être davantage initiées pour une protection optimale contre l'engorgement des caniveaux par les déchets plastiques. Les résultats de cette étude révèlent que les ouvrages de drainage qui sont censés évacuer le flux d'eau pluviométrique dans le district du Mont-Amba sont pour la plupart vétustes, obsolètes, défectueux et non fonctionnels. Ceci corrobore et extrapole les résultats trouvés par [10] ; [28] ; [12] et [13].

Certains risques naturels comme les inondations et l'érosion ravinante à Kinshasa seraient moins catastrophiques si le réseau de drainage était adéquat, fonctionnel et régulièrement entretenu [28]. La non fonctionnalité des ouvrages de drainage est indirectement liée aux défaillances des autorités municipales en matière de gestion des déchets solides et liquides dans une ville à croissance spatiale et démographique effrénée [29] ; [17] ; [30] ; [31] ; [7] et [32].

Avec une production des déchets estimée à 10.00 tonnes par jour, la ville de Kinshasa souffre d'une politique d'assainissement, comme le confirme [33]. A défaut d'être évacués, les déchets produits dans la ville de Kinshasa sont accumulés dans les marchés, aux abords des avenues, des rues, dans les caniveaux, les ravins, dans les marécages ou les cours d'eau. Ils obstruent les caniveaux, réduisent la profondeur des rivières, provoquant les inondations pendant les saisons des pluies et détruisant la voirie qui se trouve déjà dans un état de délabrement avancé.

Aussi, il y a de ces ouvrages qui n'arrivent pas à l'exutoire. Le corollaire de cette situation en est le déversement des eaux de ruissellement dans la nature, favorisant la stagnation des eaux dans les vallées, les ornières des rues et/ou aux alentours des habitations où elles constituent des gîtes de la prolifération des moustiques, des souris, et des cancrelats etc. Dans la recherche des solutions durables et participatives, les services étatiques, la société civile et les leaders d'opinion devraient, en plus du recyclage et valorisation des déchets, faire la promotion de l'éducation mésologique auprès de la population comme suggèrent [34] et [35].

6. CONCLUSION

Les résultats des enquêtes menées sur le terrain indiquent que le réseau de drainage dans le district de Mont-Amba est dysfonctionnel.

Ce dysfonctionnement est dû à la vétusté, au manque d'entretien et au sous-dimensionnement de la plupart d'ouvrages de drainage.

Dans la commune de Kisenso et certains quartiers de la commune de Limete, Lemba et Ngaba, le réseau de drainage est quasi-inexistant. Cette situation renforce leur vulnérabilité à

l'érosion ravinante et aux inondations.

L'analyse des intensités des précipitations journalières maximales a permis de dégager les intensités des pluies en litres par seconde par hectare survenues en 5, 10, 20, 50 et 100 ans à la station météorologique de Kinshasa/Binza. Ces données ont permis de signifier à l'occurrence que la ville de Kinshasa doit s'attendre à recevoir une intensité maximale de 228,97 litres par seconde par hectare en un jour. Ces renseignements nous ont permis de proposer et de dimensionner le système de canalisation susceptible de gérer ce flux d'eau.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Rostha Lohalo Paulo, Kizungu Vumila Roger, Lukanda Mwanda Vincent, (2019) : Variabilité temporelle des quelques paramètres météorologiques dans la ville de Goma (RD. Du Congo), Annales de la faculté des sciences, Presse de l'Université de Kinshasa, vol. 1(2019) 63-78[2] GIEC, 2007
- [2] Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages
- [3] Sun Y., Solomon S., Dai A., Portmann R.W., 2007: How often Will it rain? J. Climate 20(19): 4801-4818.Doi: 10.1175/jcli4263.1
- [4] Trenberth, K.E., Dai A., Rasmussen R.M., Parsons D.B., (2003): The changing character of precipitation. Bulletin of the American Meteorological Society. 84 :1205-1217
- [5] Villa J. et Belanger D, [2012] : Perception du risque d'inondation dans un contexte de changements climatiques : recension systématique des articles scientifiques sur sa mesure (1990-2011), centre de Recherche Université Laval, Québec, 175pages
- [6] Ntombi, M.K., Pangu, S., Mukunayi, N., Kisangala, M., Ntombi, M.M., Makanzu Imwangana, F., 2009. Les ressources en eau et les changements climatiques en cours en République Démocratique du Congo. In : Endundo José, "Seconde communication nationale à la Convention Cadre sur le Changement Climatique." Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme de la RD.Congo. Kinshasa, novembre 2009. Présentée à la Communauté internationale en réponse au Protocole de KYOTO
- [7] Makanzu Imwangana, F., 2014 : Etude de l'érosion ravinante à Kinshasa : Dynamisme Pluvio-Morphogénique et Développement d'un Outil de Prévision. Thèse de doctorat en Sciences, Faculté des Sciences. Université de Kinshasa, 193 pages
- [8] Ministère de l'Environnement et Développement Durable. (2021) : Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques en République Démocratique du Congo (2022-2026). Kinshasa : Ministère de l'Environnement et Développement Durable.
- [9] Masamba C.M., 2008 : Contribution à la résolution des problèmes liés à la gestion des eaux usées dans les cités urbaines de la ville de Kinshasa : Cas de la commune de Gombe, *Actes du premier colloque international sur la problématique de l'eau en RDC*, pp. 209-218.
- [10] Kabele C.N., et Munginda F.Y., 2008 : Pollution et

- degré d'autoépuration des rivières de Kinshasa, *Actes du premier colloque international sur la problématique de l'eau en RDC*, pp. 156-174.
- [11] Yina Ngunga, 2016 : Apport de la géomatique dans l'étude de la prévalence du paludisme à Kinshasa, Thèse de doctorat en géographie de la santé, Université de Kinshasa, 135 pages
- [12] Vuni Simbu A., Likinda H., Kisangala Muke M., Aloni Komanda J., & Nzau Umba C. (2021). Analyse du système d'évacuation des eaux usées domestiques et pluviales dans le quartier Industriel/Commune de Limete, Kinshasa, *Congo Sciences Journal en Ligne de l'ACASTI et du CEDESURK ACASTI and CEDESURK Online Journal*, Numéro 1, Volume 9. 71-78 p.
- [13] Vuni Simbu A, Holenu Mangenda H, Puela Puela F, Kinsungila Wamba E, Tshibuabua Mutayiya F, Masamuna Parfait, Lelo Nzuzi F, Mola Mbemba J.P, Aloni Komanda J, & Nzau Umba-di-Mbudi C, (2022). Etude de la gestion actuelle des déchets urbains à Kinshasa (République Démocratique du Congo) par observation le long de l'avenue Université, Revue, Environnement, Ingénierie et Développement (8), pp. 3-11.
- [14] Thomas Wouters et Eléonore Wolff, (2010) : « Contribution à l'analyse de l'érosion intra-urbaine à Kinshasa (R.D.C.) », *Belgeo* [En ligne], 3|2010, mis en ligne le 15 décembre 2012. URL: <http://journals.openedition.org/belgeo/6477> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/belgeo.6477>
- [15] Kayembe wa Kayembe, M. & Wolff, E., 2015. Contribution de l'approche géographique à l'étude des facteurs humains de l'érosion ravinante intra-urbaine à Kinshasa (R.D. Congo). *Geo-Eco-Trop*, 39 (1) : 119-138.
- [16] Biey Makaly, 2018 : Les inondations à Kinshasa ne sont pas un problème des changements climatiques mais des constructions anarchiques. In : entretien avec le Point Afrique après les inondations meurtrières du Janvier 2018 dans la ville Kinshasa. Kinshasa, le 16 janvier 2018
- [17] Lelo Nzuzi, F. 2008 : Kinshasa : Ville et Environnement. Paris : L'Harmattan, 282 pages
- [18] Loembe D., (1986) : Les problèmes de drainage des eaux pluviales sur le site urbain de Brazzaville, Actes du colloque sur Brazzaville du 25 au 28 avril 1986, Université Marien N'Gouabi -Département de Géographie, 135 pages.[19] De Maximy, 1984 : Kinshasa : ville en suspens, Paris, éd. ORSTOM. p250[20] Thonart P. (2005), "Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement techniques dans les pays du sud. Collection points de repère, OIF." 121 p.
- [19] Ahoussi E. & Soro G., (2008), Ground water pollution in africa Biggest towns: case of the town of Abidjan (CI)." *Environmental Journal Scientific Research* Vol n° 2 : 302-316 pages.[22] Miti, TS.F., Aloni, K.J., 2005.
- [20] Les incidences de l'érosion sur le développement socio- économique et l'urbanisation future de Kinshasa. Kinshasa, M.E.S 27, 1-31.[23] Makanzu Imwangana, F., Kamosi Zola, B., Lele Nyami, B., Munongo Iyabidila, M., Ntombi muen Kabeya, M., Phuati Phuati, G., et Ozer, P., 2023 : Evolution récente et détermination de la saison de pluies dans la région de Kinshasa (RDC) de 1961 à 2010. *RAFEA*, 6(2), 13-27.[24] Matungale A.M., Atungale S.C., Atungale E.A., Munduku O.M., Musibono D.A., Tshibangu J.K., Metelo E.M., Lola A.L., et Ngalafele E.O., (2022) : Facteurs liés aux comportements des habitants de la zone de santé de Ngaba associés à la recrudescence des cas du paludisme, *International journal of social sciences and scientific studies*. ISSN : 2787
- [21] Kisangala Muke, Losembe Konga, Kamosi Zola, Puela Puela, Vuni Simbu, Uzele Umul, Ntombi mwen Mutsindu, Lutete Savu et Aloni Komanda, 2023 : Analyse fréquentielle des pluies extrêmes dans la ville de Kinshasa entre 1960 et 2022 : application à la pluie diluvienne du mardi 13 décembre 2022. *J. Rech.Sci. Univ.Lomé (Togo)*, 2023, 25(4) : 11-26
- [22] AMCOW (African Ministers Council on Water) 2012: "Water security and climate resilient development", Technical background document, Water-Climate and development Program, Abuja, Nigeria, 149 pages.
- [23] OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 1992 : "Evacuation des eaux de surface dans les communautés à faibles revenus" <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/who/evac.pdf>
- [24] Kawayi J.M., Otamonga J.P., Ngelinkoto P., Kabatusila P., Mubedi Ilunga J., 2017 : Caractérisation physico-chimique de l'eau de la rivière Lukunga dans la ville de Kinshasa (RD du Congo) *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°29,121-136 pp.
- [25] De Saint Moulin L., 1976 : Contribution à l'histoire de Kinshasa, revue Congo-Afrique, n°108, p.461-473 et n°109, p.527-538
- [26] Kayembe Wa Kayembe, M., De Maeyer, M. & Wolff, E., 2010 : Cartographie de la croissance urbaine de Kinshasa (R.D. Congo) entre 1995 et 2005 par télédétection satellitaire à haute résolution. *Belgeo*, 439-455 pages
- [27] Hilaire Katalayi Mutombo, 2014 : Urbanisation et fabrique urbaine à Kinshasa : défis et opportunités d'aménagement. Géographie. Université Michel de Montaigne - Bordeaux III, Français.
- [28] Jean-Pierre Messina Ndzomo, Kouagou Raoul Sambieni, Philippes Mbevo Fendoung, Jean-Pierre Mate Mweru, Jan Bogaert et Jean-Marie Halleux, 2019 : La croissance de l'urbanisation morphologique à Kinshasa entre 1979 et 2015 : analyse densimétrique et de la fragmentation du bâti, *BSGLg*, 73, 2019, 85-103.
- [29] Holenu Mangenda, H. 2020. Kinshasa : Urbanisation et enjeux écologiques durables. Paris : L'Harmattan, 368 pages.
- [30] Kisangala et Yina, 2011 : Rapport de l'étude d'aménagement et de gestion des eaux des précipitations dans les zones menacées par les érosions à Kikwit, inédit, 67 p.
- [31] Mutungu T.K., 2022 : Les acteurs et les facteurs du phénomène d'érosion ravinante dans la ville de Kikwit (Province du Kwilu, République Démocratique du Congo). Perspectives d'aménagement durable, Thèse de doctorat en géographie, Université de Kinshasa, 216 pages.