

Impact des déchets urbains dans le réseau d'assainissement pluvial de la ville de N'Djamena

Djimasra Marcelin^{1*}, Ewodo Mboudou Guillaume², Haman Didier Jean B² et Ombolo Auguste³

Résumé

L'épineuse question de l'assainissement pluvial ne peut être abordée pertinemment en dissimulant les défis portés par l'assainissement des déchets et la santé publique. C'est dans ce cadre que les zones sélectionnées dans les 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} Arrondissements de N'djamena, choisies du fait qu'elles subissent les aléas pluviométriques et confrontées aux défis d'assainissement pluvial ont fait l'objet d'étude. L'objectif est de faciliter une meilleure prise de décision pour un assainissement durable des eaux pluviales. Pour cela, les enquêtes et interviews ont été menées sur le terrain de mai en octobre 2022 dans la zone d'étude. Des méthodes de caractérisation des déchets des caniveaux et les mesures de vitesses d'écoulement d'eau dans ces caniveaux ont permis de cerner le réseau des caniveaux. Il ressort que N'djamena reçoit des quantités importantes d'eau pendant la saison pluvieuse qui s'accumulent dans les zones de dépression, stagnent et causent des inondations ; le réseau des caniveaux est déficitaire ($0,62 \text{ km/km}^2$) et dévié de son rôle régalien. 65% de ces caniveaux sont pour ses riverains des dépotoirs des ordures ou réservoirs des eaux usées. L'écoulement normal des eaux est perturbé par l'obstruction du réseau d'assainissement pluvial par des ordures. 71,24% du volume des collecteurs de longueur totale 243 km contiennent 71564,97 tonnes de déchets urbains pour une masse volumique de $1,45 \text{ kg.l}^{-1}$.

Ainsi, la réduction des impacts négatifs des déchets urbains dans le réseau pluvial implique une gestion optimisée des déchets, des infrastructures d'assainissement pluvial résilientes et une utilisation raisonnée des systèmes de drainage.

Mots clés : Assainissement pluvial, déchets, caniveaux, N'Djamena, Tchad.

Abstract

Impact of urban waste in the rainwater drainage network of the city of N'Djamena

The thorny issue of rainwater sanitation cannot be tackled effectively by concealing the challenges posed by waste sanitation and public health. With this in mind, a study was carried out of selected areas in the 7th, 8th and 9th districts of N'djamena, chosen because they are subject to the vagaries of rainfall and face the challenges of stormwater sanitation. The aim is to facilitate better decision-making for sustainable stormwater drainage. To achieve this, surveys and interviews were carried out in the field from May to October 2022 in the study area. Methods of characterising gutter waste and measuring water flow speeds in these gutters were used to identify the gutter network. It appears that N'Djamena receives significant amounts of water during the rainy season, which accumulate in low-lying areas, stagnate, and cause flooding. The drainage network is insufficient (0.62 km/km^2) and has deviated from its primary function. Approximately 65% of these drains are used by local residents as garbage dumps or wastewater reservoirs. The normal flow of water is disrupted by rubbish blocking the storm drainage system. 71,24% of the volume of collectors, totalling 243 km in length, contain 71564,97 tonnes of urban waste with a bulk density of $1,45 \text{ kg/l}$.

Consequently, mitigating the negative impacts of urban waste on stormwater infrastructure requires an integrated approach that includes optimized solid waste management, the development of resilient drainage systems, and the promotion of responsible use of stormwater facilities.

Key words: Storm drainage, waste, drainage channels, N'Djamena, Chad

¹Unité de Formation Doctorale (Mécanique, Hydraulique et Génie Civil), Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de l'Université de Maroua, B.P. 58 Maroua, Cameroun

² Département d'Hydraulique et Maitrise des Eaux de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, B.P. 58 Maroua, Cameroun

³Direction des infrastructures, Université de Garoua, BP.346 Garoua, Cameroun

dmcarcelin15@gmail.com; ewodoguillaume@gmail.com; didierhaman@yahoo.fr; omboloauguste1@yahoo.com

*Auteur correspondant : Djimasra Marcelin, Email : *dmcarcelin15@gmail.com*, Tel : (235) 66270359

Introduction

L'humanité se préoccupe des crues et des inondations, en raison des catastrophes qu'elles sont susceptibles de provoquer aux personnes et leurs biens, et aussi à l'environnement (Hubert, 2005). Les catastrophes liées à l'eau ont causé dans le monde, la mort d'au moins 8 700 personnes, déplacé 40 millions de personnes et entraîné des pertes économiques d'au moins 550 milliards de dollars (Van et al., 2025). Les régions d'Afrique centrale et de l'ouest connaissent depuis la fin des années 1990 une intensification du régime pluvial, entraînant de plus en plus des d'inondations (OSUG, 2024). Ainsi, les

événements pluvieux de forte intensité et de longues durées peuvent provoquer l'écoulement des eaux difficile à contrôler, surtout en zone urbaine (Stephens, 2002). Selon (Julien et al., 2018), ces événements pluviaux plus rares et importants sont à prendre en compte pour un assainissement durable. Selon (Chocat et al., 2007), l'imperméabilisation du sol résultant de l'urbanisation, augmente le ruissellement en surface et de débit d'écoulement des cours d'eau. En région de très faible topographie, ces eaux de ruissellement vont s'accumuler dans les zones de dépressions où elles vont stagner et causer les inondations.

N'Djamena, comme dans la plupart des villes subsahariennes ne fait pas exception du manque ou de l'insuffisance des services urbains de base (Ps-Eau, 2013). Dans cette ville, la nature des terrains particulièrement plats, voire même à contre-pente par rapport au fleuve Chari, et constitués des limons, argiles fins et argiles gonflants ne favorise pas le drainage des eaux pluviales. Le Schéma directeur de l'eau et de l'assainissement du Tchad (SDEA, 2003) montre que le système d'assainissement pluvial existant dans la ville de Ndjamenas présente un dysfonctionnement. De ces faits, les déchets urbains ont-ils un impact sur le bon fonctionnement du réseau d'assainissement pluvial ? L'objectif de cette étude est de ressortir les effets des déchets urbains sur le réseau d'assainissement pluvial en analysant le dysfonctionnement de ce réseau dans les 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} Arrondissements de la ville de Ndjamenas.

Matériels et méthodes

Afin de mieux appréhender ce sujet, il convient tout d'abord de présenter la zone d'étude, avant de détailler le matériel et les outils méthodologiques mobilisés dans le cadre de cette recherche.

Zone d'étude

La ville de N'Djaména, capitale du Tchad, est située à 12° 03' et 12°20' de latitude Nord et 14°90' et 15°20' de longitude Est. Elle fait partie du bassin du Lac Tchad qui est un grand bassin endoréique avec une superficie de 2 381 000 Km² (Annadif et al., 2017). Le site de la présente étude couvre les 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} Arrondissements (Fig. 1) considérés comme les plus vulnérables aux aléas pluviométriques et aux défis d'assainissement pluvial. Le climat qui y règne est du type sahélien caractérisé par des précipitations variantes entre 226,10 et 831,40 mm d'eau par an (ANAM, 2022).

Cette ville est située dans une plaine alluviale très plate longée sur toute sa bordure sud par le fleuve Chari (Djoret, 2000). Le réseau hydrographique est constitué essentiellement du fleuve Logone et du fleuve Chari (Fig.1), principal contributeur de l'hydrosystème du lac Tchad (Gac,1980). Le relief de N'Djaména est globalement plat (87,76% de la superficie de la ville), et leur altitude varie de 277 m à 337 m. (Fig. 2).

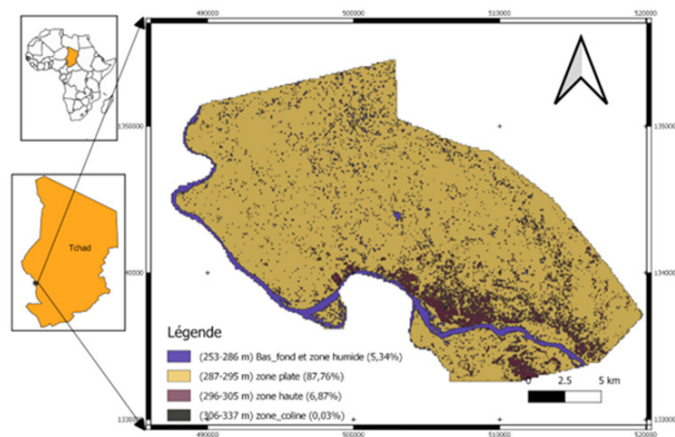


Figure 2 : Carte Morphologique de la ville de Ndjamenas

La ville de Ndjamenas repose sur les formations du continental terminal (CT) qui sont recouvertes par les formations du plio-quaternaire (Schneider, 1989). Ces formations sont très hétérogènes et présentent, de haut en bas (Schneider et Wolff, 1992) : les niveaux argileux-limoneux avec des passés de sable entre 0 et 10 m ; une succession de couches de sables, argilo-sableuse avec les lentilles argileuses entre 10 et 60 m et les argiles imperméables entre 60 et 75 m (BRGM, 1988).

La ville, particulièrement plate, voire même à contre-pente par rapport au fleuve Chari, ne favorise pas le drainage des eaux pluviales et provoque parfois de vastes inondations (Mounsi Febo, 2022). Elle s'étend sur plus d'une vingtaine de kilomètres le long de la rive droite du Chari en aval et en amont de sa confluence avec le Logone. De 2 840 ha en 1971, sa surface urbanisée atteint 4 515 ha en 1984. Actuellement, elle est estimée à plus de 7 000 ha (Hemchi, et al, 2021).

Le système d'assainissement des eaux pluviales est étudié à travers une enquête qualitative consistant à faire une observation de l'état de drainage des eaux, de l'espace urbain et des pratiques y afférentes dans la zone d'étude. Elle a été réalisée sous forme de questionnaires adressés aux ménages. Les questions portaient essentiellement sur les déchets urbains pouvant bloquer l'évacuation des eaux pluviales. Cette enquête associée aux observations directes du réseau d'assainissement pluvial et des interviews des riverains des caniveaux, s'est déroulée pendant la période pluvieuse de juin à octobre de l'année 2022. Les données ont été saisies et analysées sous le logiciel SPSS.

Pour réaliser la carte des caniveaux et la carte du réseau naturel, les coordonnées géoréférencées des différents points des caniveaux en béton armé de la zone d'étude, ont été relevées à travers l'application "Mes Coordonnées" du téléphone numérique de modèle « TECNO CK6 », dont les coordonnées X et Y ont une précision de 2 m. Ces données ont été ensuite transférées dans Google Earth pour le tracé du réseau par la liaison des points. Les fichiers obtenus ont été importés dans QGIS 3.32.1 pour le traitement et les calculs afférents.

Caractérisation des déchets solides du réseau d'assainissement d'eau pluviale

Pour la caractérisation des déchets solides du réseau d'assainissement d'eau pluviale, c'est le modèle de caractérisation des ordures ménagères MODECOM

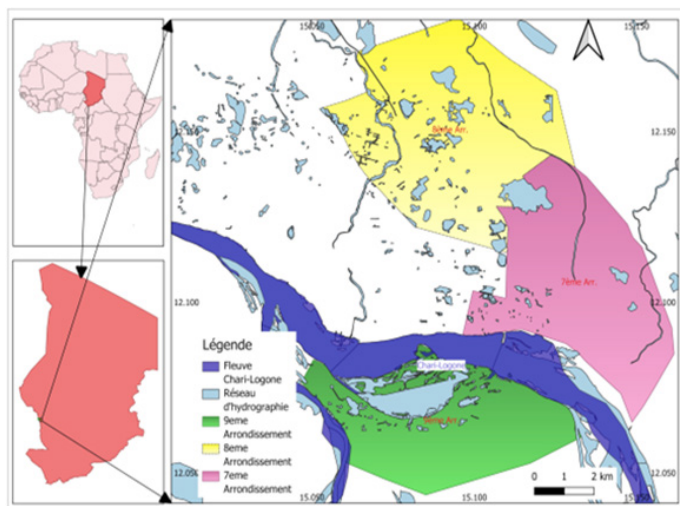


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

qui a été utilisé. Il consiste à une prise d'échantillon de 500Kg après quartage afin de limiter les erreurs de mesure (Tezanou et al., 2001). Pour cette étude, dix (10) échantillons d'un poids total de 210,31 Kg ont été prélevés sur dix (10) points de collecte primaire, secondaire et tertiaire pendant les travaux effectués vers la fin de la saison sèche du 25 juin au 4 juillet 2024. Une quantité de déchets curés, séchés au soleil et après leur quartage, ont été déposés dans des sacs poubelles en plastique numérotés puis transportés dans l'aire de caractérisation des déchets logée à l'intérieur d'une concession clôturée à l'abri des vents. Le sac poubelle des déchets est pesé au préalable puis le contenant est transvasé dans un carton parallélépipédique rigide de dimension 53,5 cm x 41cm x 12 cm pour la mesure des volumes. Les composantes des déchets sont triées et pesées à leur tour. La balance électronique de marque Gammry Ejike Original KC-833 est utilisée pour la mesure des poids. Les masses volumiques de ces échantillons ont été calculées par la formule suivante : $\rho = \frac{m}{V}$ (1) où ρ : masse volumique en Kg.m⁻³ ou Kg.l⁻¹ ; m : poids obtenu en Kg ; V : volume du récipient occupé en m³.

Le tri a été fait manuellement suivant huit (08) catégories : les plastiques qui regroupent les bouteilles, les flacons, les récipients usés, les sachets d'emballage en PVC ou PET ainsi que les caoutchoucs ; les sables/gravats composés des sables de diverses granulométries, des cailloux, graviers, gravillons ; les métaux regroupant les bouchons de bouteilles, les boîtes de conserve, les canettes, les ustensiles de cuisine, les lames de rasoirs, la ferraille ; Les verres /céramiques, composés des tessons de bouteilles, les bris de glace, les bouteilles et flacons en verre, les vieilles vaisselles ; les bois /pailles regroupant les feuilles et tiges d'arbre, le charbon, les bois et brindilles ; le cuir/os composé des sacs, sandales locales en peau d'animaux tannée, des os des animaux ; les textiles qui regroupent les habits usés, les chutes de couture, les draps, les moustiquaires usés et les autres déchets (déchets électroniques, piles etc.). Chaque catégorie de déchets a été pesé par échantillon en vue d'obtenir les proportions des différentes compositions de l'échantillon.

Pour les boues fraîches, un récipient rigide tronconique en plastique de hauteur 48 cm, de rayon à la base inférieure de 30 cm et à la base supérieure de 43 cm a été utilisé pour les mesures.

Méthode de calcul du ratio global

Le ratio global R, exprimé en Kg/m/an, suit le principe de moyenne pondérée et est calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n P_{C_i}}{\sum_{i=1}^n L_{C_i}} \quad (2) \text{ où } P_{C_i} \text{ est le volume annuel (en m}^3\text{) des déchets dans le collecteur } C_i \text{ et } L_{C_i} \text{ la longueur de } C_i \text{ (en m).}$$

Les collecteurs retenus sont les caniveaux primaires dont le curage complet se fait une fois dans l'année, au début de la saison pluvieuse. Les volumes des déchets contenus sont estimés juste avant le curage.

Méthode de détermination des vitesses d'écoulement dans les caniveaux

Il s'agissait du jaugeage au flotteur qui consiste à mesurer uniquement des vitesses dans la tranche superficielle de

l'écoulement dans les caniveaux. Pour cette étude, dix (10) points des caniveaux de sections rectilignes ayant des hauteurs de 75, 120, 130, 200 cm et des largeurs respectives de 64, 800, 410, 230 cm de 1,20 m ont été retenus. Les essais de vitesse de l'écoulement dans les canaux sont faits après leurs curages complets par les services des municipalités. Les essais de vitesse ont été faits pendant la période d'abondantes pluies allant de 30 juillet 2024 au 13 août 2024. Un flotteur, bouchon de bouteille a été utilisé pour repérer le mouvement de l'eau. Le temps de déplacement du point de départ au point d'arrivée a été noté par un chronomètre et l'opération a été reprise trois fois par section de mesure. La valeur moyenne de l'essai a été considérée comme vitesse maximale (V) d'écoulement à la surface libre de la section. Elle est déterminée par l'équation : $V = \frac{d}{t}$ (3) où (d) est la distance parcourue par le flotteur entre un point de départ et un point d'arrivée ; et (t) le temps mis par le flotteur.

Les vitesses moyennes de fond sont estimées par les formules de Prony et Fargue (Carlier, 1972) :

Formule de Prony : $U = 0,8 V$ (4), $V' = 0,6 V$ (5)

avec U la vitesse moyenne ; V et V' respectivement la vitesse maximale à la surface libre de la section et la vitesse au fond.

Formule de Fargue : $U = 0,842 V$ (6)

avec V la vitesse maximale à la surface libre de la section.

Résultats

Caractéristique du réseau de caniveaux d'assainissement pluvial de la zone d'étude

La ville de N'Djamena d'une superficie de 390,92 km² présente un faible réseau de caniveaux. Ce réseau a une longueur et une densité de drainage respectivement de 243 km et 0,62 km/km². Il est plus concentré dans le centre qui correspond à l'ancienne ville (Fig.3).

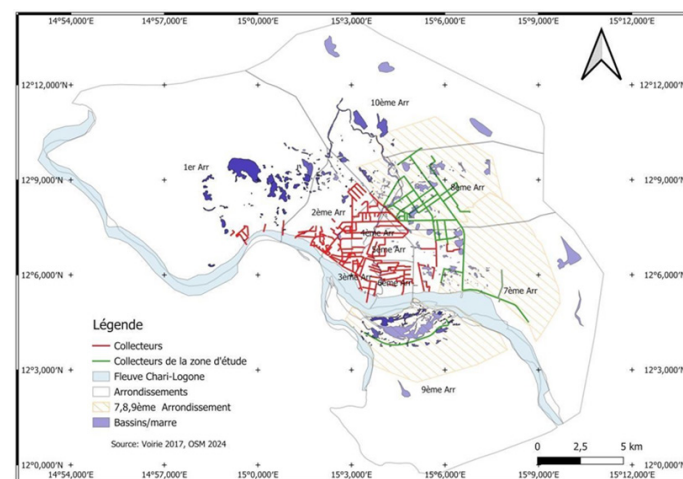


Figure 3 : Carte de réseau de caniveaux d'assainissement d'eau pluvial de Ndjamen

Dans la zone d'étude, la densité de drainage est respectivement de 0,63 ; 16,94 et 0,40 Km/ Km² pour le 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} Arrondissement (Tab. 1). Trois principaux types de caniveaux de forme rectangulaire sont réalisés en béton armé dans cette zone d'étude. Il s'agit de : caniveaux primaires, disposant une longueur de 11203,20 mètres linéaires ; de caniveaux secondaires de 4921,92 mètres linéaires et de caniveaux tertiaires de 83737,87 mètres linéaires, soit un cumul de 99862,99 m (Tab.2).

Tableau 1 : Caractéristiques des caniveaux de la zone d'étude

Arrondissement	Type de collecteurs	Largeur moyenne (cm)	Profondeur moyenne (cm)	Longueur (m)	Longueur totale par type de collecteurs (m)	Densité du réseau (Km/Km ²) par rapport à l'Arrondissement	Densité du réseau (Km/Km ²) par rapport à Ndjamena
7 ^{ème} arrondissement	Tertiaires	52	52	4456,97	16592,64	0,63	0,042
	Secondaire	90,70	121,70	349,81	349,81	0,00	
	Primaire	230	200	1837,26	2244,20	0,01	
8 ^{ème} arrondissement	Tertiaire	100	50	217,73	57493,56	15,42	0,186
	Secondaire	130	100	4572,11	4572,11	1,23	
	Primaire	410	130	4279,11	10796,29	0,29	
9 ^{ème} arrondissement	Tertiaire	56	56	297,62	10901,08	0,40	0,028
		62	70		5301,73		

Les caniveaux d'ordre tertiaire à ciel ouvert ou partiellement couverts et de petites dimensions sont les plus nombreux. Leurs largeurs varient entre 0,50 m et 1,00 m (Tab.1). Les hauteurs de ces caniveaux sont sensiblement dans le même ordre que les largeurs. Cependant, les longueurs diffèrent d'un tronçon à l'autre. Ils sont des ouvrages de proximité pour drainer les parcelles et les pistes ou ruelles. Il existe très peu des caniveaux d'ordre secondaire et primaire. Les caniveaux d'ordre secondaire ont une hauteur moyenne variant entre 1 m et 1,22 m avec une largeur variant entre 0,90 m et 1,30 m (Tab.1). Ils sont aménagés pour la plupart le long de la voirie et sont partiellement ou totalement couverts de dalles amovibles. Ils sont interconnectés avec les caniveaux primaires et tertiaires. Par contre, les caniveaux primaires sont positionnés sur les grands axes de drainage. Ils ont une hauteur variante entre 1,20 m et 2 m avec une largeur comprise entre 1,65 m et 8 m selon les tronçons. Ils sont à ciel ouvert.

Etat du réseau des caniveaux de la zone d'étude

L'observation sur le terrain pendant la phase de travaux de collecte des déchets dans les caniveaux du réseau d'assainissement pluvial montre que 71,24% en moyenne des caniveaux sont occupés par les déchets urbains (Tab.2).

Les estimations des volumes des déchets dans les collecteurs pendant cette phase de travaux s'élèvent à 49355,15m³.

Tableau 2 : Etat des caniveaux de la zone d'étude

Arrondissement	Type de caniveaux	Largeur moyenne totale (cm)	Profondeur moyenne totale (cm)	Longueur totale par type de caniveaux (m)	Pourcentage du volume du tronçon occupé par les déchets urbains(%)	Pourcentage Volume déchets par type de Caniveaux	Volume des déchets contenus (m ³)
7 ^{ème} arrondissement	Tertiaires	78,80	77,60	16592,64	77,50	76,85	7797,36
	Secondaire	90,70	121,70	349,81	37,88		146,26
	Primaire	230	200	2244,20	Ouvrage neuf non encore opérationnel	82,69	
		410	130		82,69		1793,54
8 ^{ème} arrondissement	Tertiaire	78,75	79,33	57493,56	86,7	75,88	27254,27
	Secondaire	130	100	4572,11	60	60	3566,25
	Primaire	443,75	145	10796,29	82,69	77,50	5383,72
9 ^{ème} arrondissement	Tertiaire	59	63	10901,08	100	87,86	3560,03
					75,71		

Vitesse d'écoulement dans les caniveaux primaires et secondaires

Les mesures de vitesses d'écoulement en pleine section sont faites en 10 points (V1, V2...V10) des caniveaux (Fig. 4). Les essais effectués par la méthode des flotteurs ont donné des valeurs récapitulées dans le tableau 3.

Les vitesses moyennes sont faibles et comprises entre 0,20 et 0,59 m/s sauf au point 2 où elle atteint 1,01 m/s. Les vitesses maximales d'après les formules de Prony et Fargue varient respectivement entre 0,25 et 1,20 m/s puis entre 0,24 et 1,20 m/s avec une moyenne de 0,52 m/s tandis que les vitesses au fond du canal d'après Prony oscillent entre 0,15 et 0,76m/s pour une moyenne de 0,31 m/s.

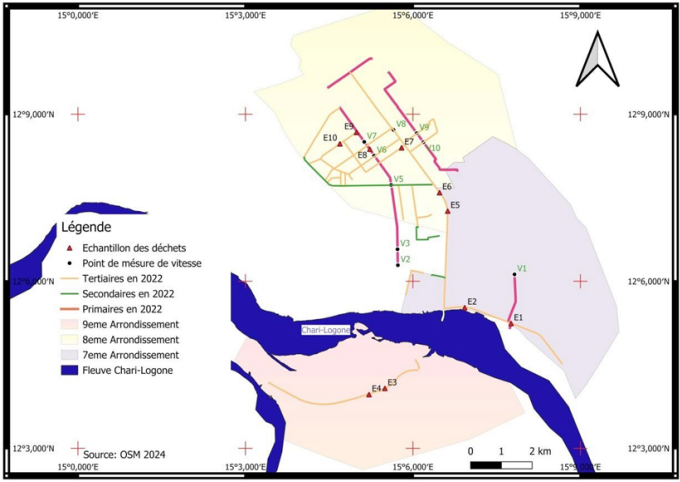


Figure 4 : Carte des points de mesure de vitesse et de prélèvement des échantillons des déchets urbains

Tableau 3 : Valeurs des vitesses sur les 10 points mesurés

Points de mesure	Point1 (v1)	Point2 (v2)	Point3 (v3)	Point4 (v4)	Point5 (v5)	Point6 (v6)	Point7 (v7)	Point8 (v8)	Point9 (v9)	Point10 (v10)	Moy.	Max.	Min.
Latitude Nord	12.102	12.105	12.11	12.129	12.138	12.142	12.145	12.144	12.142	12.142			
Longitude Est	15.130	15.095	15.095	15.093	15.088	15.085	15.094	15.101	15.103	15.103			
Vitesse moyenne (m/s)	0,3	1,01	0,43	0,38	0,23	0,24	0,46	0,20	0,34	0,59	0,42	1,01	0,20
Vitesse maximale (Fargue)	0,36	1,20	0,51	0,45	0,51	0,27	0,54	0,24	0,41	0,70	0,52	1,20	0,24
Vitesse maximale (Prony)	0,38	1,27	0,54	0,48	0,28	0,30	0,57	0,25	0,43	0,74	0,52	1,27	0,25
Vitesse au fond(Prony)	0,23	0,76	0,32	0,29	0,17	0,18	0,34	0,15	0,26	0,44	0,31	0,76	0,15

Caractérisation des déchets solides du réseau des caniveaux

Les caniveaux sont le réceptacle de plusieurs sortes de matières solides selon leurs catégories provenant des ménages, des installations commerciales, artisanales, des usagers de la route, des stations de lavage des engins, du lessivage des terrains, de l'érosion hydrique et éolienne.

Après le tri des éléments, ces échantillons prélevés en 10 points (Fig. 4) contiennent en moyenne : 87,87% des sables ; 1,08% de cuir/os ; 0,85%de débris de bois ; 8,04% de plastiques et caoutchoucs ; 1,14% de textile ; 0,28% des verres et céramique ; 0,32% des métaux ; 0,42% des autres déchets (Fig.5).

Ces composantes des déchets solides proviennent des activités commerciales et artisanales, du transport particulière induit par le ruissellement de surface en milieu urbain, des mécanismes d'érosion éolienne et hydrique, ainsi que des apports des ménages et des usagers des infrastructures routières.

Les caniveaux contiennent fortement les sables provenant surtout du lessivage des rues et des sols non bâtis des concessions des ménages par le ruissellement, de l'érosion éolienne et hydrique et des balayures.

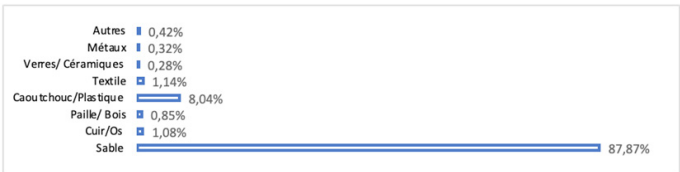


Figure 5 : Composition massique des déchets solides dans les caniveaux d'assainissement pluvial

Les mesures sur les boues fraîches et les déchets secs, ont permis d'évaluer leurs masses volumiques sur les dix échantillons étudiés (Tab.4). Il ressort que les masses

volumiques moyennes des déchets secs, des boues fraîches et la masse volumique moyenne générale des déchets sont respectivement de : 1,06, 1,84 et 1,45 Kg.l⁻¹ (Tab.4). Sur la base de cette masse volumique moyenne générale, les 243 km de caniveaux contiennent 71564,97 tonnes de déchets urbains pour un ratio de 0,93t/m/an.

Tableau 4 : Masse volumique des divers déchets

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Min.	Max.	Moy.
ρ déchets secs (Kg.l ⁻¹)	1,19	1,39	1,05	1,37	1,11	1,36	0,79	0,90	0,52	0,92	0,52	1,39	1,06
ρ boues fraîches (Kg.l ⁻¹)	2,25	2,30	1,73	1,86	1,74	1,96	1,53	2,08	1,26	1,68	1,26	2,30	1,84
ρ générale (Kg.l ⁻¹)													1,45

Lieu d'évacuation des ordures ménagères

L'analyse des réponses de 377 ménages enquêtés montre que (Fig.6): 12,40% ont répondu qu'ils évacuent leurs ordures dans la rue ; 2,10% évacuent directement dans les caniveaux ; 14,60% les déposent dans les bas-fonds ; 31,20% les brûlent ; 1,50% les enfouissent ; 10,20% les déposent dans les décharges anarchiques et seulement 0,50 % des ménages enquêtés utilisent les sites aménagés pour évacuer leur ordures et 9,80% sont abonnés à des petites entreprises de collectes ou évacuent leurs ordures par des personnes agissant comme des agents de collecte d'ordure.

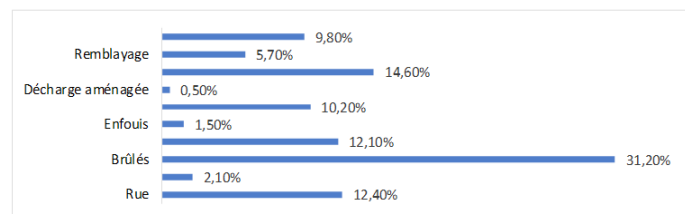


Figure 6 : Lieu d'évacuation des ordures ménagères dans la zone d'étude

L'observation sur le terrain montre que les ordures ménagères versées sur la rue sont emportées par ruissellement et se retrouvent soit dans les bas-fonds, les zones de dépression ou dans les caniveaux (Photos 1, 2).



Photo 1 : Connexion d'une toilette à un canal : 1. : Tuyau de connexion Toilette – Canal, 2. : Eaux usées et ordures.



Photo 2 : Canal primaire obstrué par les eaux usées et ordures : 1. : Ecoulement laminaire, 2. : Bouteilles, sachets en plastique

Photo 1 : Connexion d'une toilette à un canal : 1. : Tuyau de connexion Toilette – Canal, 2. : Eaux usées et ordures.

Photo 2 : Canal primaire obstrué par les eaux usées et ordures :

1. : Écoulement laminaire, 2. : Bouteilles, sachets en plastique

Lieu d'évacuation des déchets liquide ménagers

Concernant les rejets liquides dans la zone d'étude (Fig.7) : 28,90% des ménages rejettent leurs eaux usées dans la rue ; 4,60% de ces eaux sont déversées dans la cour ; 24,80% dans les puisards ; 17,20% dans les trous de fortune ; 7,60% dans les bas-fonds ; 5,80% dans le trou de latrine ; 7,20% dans les caniveaux et 0,60% dans le fleuve. Ainsi 75,20% utilisent un système inapproprié pour évacuer les eaux usées de toilette hormis les puisards.

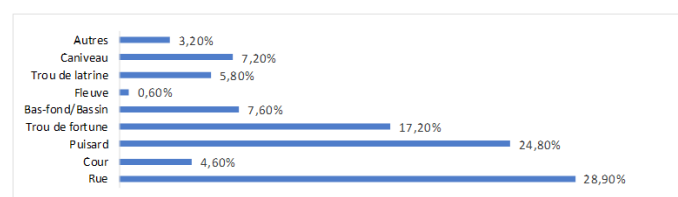


Figure 7 : Lieu de rejet des eaux usées de toilette

Pour les ménages dont les habitations sont raccordées au réseau de caniveaux, 45,50% d'entre eux répondent qu'ils déversent leurs eaux usées de toilette dans les caniveaux, 58,40% y déversent leurs eaux usées de lessive ou vaisselle (Tab. 5). Par ailleurs, 65% de ces ménages évacuent leurs ordures et/ou eaux usées de toilette dans les caniveaux (Tab. 6 ; Photos 1,2).

Tableau 5 : Rejet des eaux usées de toilette, de lessive et vaisselle dans les caniveaux par les ménages des concessions raccordées

			Eaux de lessive/vaisselle versées dans caniveau		Total
			oui	non	
Eaux usées de toilette versées dans caniveau	oui	Effectif	32	3	35
		% du total	41,60%	3,90%	45,50%
	non	Effectif	13	29	42
		% du total	16,90%	37,70%	54,50%
Total	Effectif		45	32	77
	% du total		58,40%	41,60%	100,00%

Tableau 6 : Évacuation des ordures et eaux usées de toilette dans les caniveaux par les ménages des concessions raccordées

			Ordures déposées dans le caniveau		Total
			oui	non	
Eaux de toilette versées dans Caniveau	oui	Effectif	10	25	35
		% du total	13,00%	32,50%	45,50%
	non	Effectif	5	37	42
		% du total	6,50%	48,10%	54,50%
Total	% du total		19,50%	80,50%	100,00%

L'examen direct indique que les eaux usées et les ordures ménagères déversées dans les caniveaux réduisent grandement la capacité hydraulique de ces ouvrages. Elles occupent respectivement en moyenne 80,86 %, 48,94% et 80,01% des volumes des caniveaux tertiaires, secondaires et primaires (Tab.2). Les eaux pluviales ne sont gérées seulement que par 28,76% de la capacité volumétrique restante de l'ensemble du réseau de caniveaux d'assainissement pluvial. En plus, ce mélange

de déchets entre en putréfaction pour dégager des odeurs nauséabondes provoquant des gênes au milieu de la population. Il constitue par endroit des gîtes pour le développement de nombreux vecteurs (moustiques, mouches, blattes) à l'origine des diverses maladies.

Discussions

La zone d'étude est faiblement couverte par le réseau de caniveaux d'évacuation des eaux pluviales avec une densité de $0,26 \text{ km/km}^2$. Ce réseau enregistre énormément des défauts techniques caractérisés par des faibles pentes, leur débordement en temps de pluie, des vitesses n'assurant pas l'auto curage, des tronçons inachevés. Suivant les essais de vitesse effectués dans les collecteurs primaires, 90% des points de mesure n'ont pas enregistré les vitesses minimales d'auto curage requises ($0,60 \text{ m/s}$). Les pentes faibles sur les tronçons des caniveaux favorisent le dépôt des produits d'érosion et des déchets urbains. En effet, la construction des ouvrages de drainage doit se faire dans des conditions favorisant l'auto-curage, surtout dans les zones à pentes douces (ASTEE, 2018).

Les résultats des mesures faites sur le terrain montrent que les volumes des collecteurs sont encombrés quasiment par les déchets urbains. Ces quantités énormes de déchets constituent un obstacle majeur supplémentaire aux défauts techniques pour l'écoulement normal des eaux pluviales. Les caniveaux se trouvent ainsi obstrués (Hountondji et al., 2019). Les déchets solides drainés par l'écoulement dans les caniveaux se retrouvent dans les zones de dépression occasionnant leur rétrécissement voire leur comblement total. Les mêmes observations sur les composantes de ces déchets solides dans les caniveaux ont été faites à Yamoussoukro (Assamoi et al., 2022) et à Porto Novo (Dansou et al., 2017). Ndjamena ne dispose pas d'un réseau de collecte des eaux usées. En effet, 48,30% des ménages enquêtés utilisent la rue, les caniveaux, la cour, les bas-fonds comme lieux de rejet de leurs eaux usées de toilette (Fig.7). Ce contexte est similaire à celui de la commune d'Anyama de la ville d'Abidjan où 48 % des ménages déclarent déverser leurs eaux usées dans les rues, les caniveaux, les ravins et les arrière-cours d'habitations (Possilétaty et al., 2019). En l'absence de réseau d'assainissement des eaux usées, à fortiori, les ouvrages de drainage sont indifféremment utilisés pour les rejets liquides de toutes natures. Vuni et al., ((2021) ; (2022)) déplorent une situation de la ville de Kinshasa en RDC, semblable à celle de Ndjamena en soulignant que l'inexistence des services d'hygiène amène les ménages riverains aux caniveaux à connecter les drains parcellaires aux caniveaux principaux pour l'évacuation des eaux usées domestiques (vaisselle, lessive et les eaux de douche).

Selon les résultats de l'enquête menée, 45,50 % et 58,40 % des ménages dont les habitations sont raccordées aux collecteurs d'eaux pluviales y déversent respectivement leurs eaux usées issues des toilettes, de la lessive et de la vaisselle (Tab. 5). Or, ces ouvrages n'ont pas été conçus pour recevoir de telles charges polluantes. Le déversement inapproprié d'eaux usées dans les réseaux pluviaux est susceptible d'altérer leurs propriétés hydrauliques (capacité d'écoulement, pertes de charge) et mécaniques (stabilité, durabilité structurelle). Par ailleurs, 65 % des ménages raccordés aux caniveaux y évacuent également

des déchets, dont 19,5 % concernent spécifiquement des ordures ménagères (Tab. 6). Ces pratiques déviantes compromettent gravement la fonctionnalité des réseaux pluviaux. Ce constat s'aligne sur des situations observées dans d'autres contextes urbains africains : à Kadutu (RDC), 61 % des ménages utilisent les caniveaux comme exutoires à déchets solides (Walter, 2017), tandis qu'à Kindu (RDC), 46,3 % y déversent directement leurs eaux usées (Martin et al., 2024).

Conclusion

La présente étude rapporte sur les effets induits par les déchets urbains sur le système d'assainissement pluvial de trois arrondissements de la ville de Ndjamena. Dans ce travail, on est parti de la caractérisation des déchets urbains solides existant dans les canaux urbains, du diagnostic de l'état des réseaux des eaux pluviales, et la détermination des impacts des déchets sur le réseau. Les résultats des enquêtes menées dans les 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} Arrondissements de la ville de Ndjamena montrent que l'assainissement pluvial est aussi influencé au-delà des aspects hydrologiques, pédologiques, morphologiques, urbanistiques par les ordures et les eaux usées. L'accumulation des déchets urbains dans les infrastructures de drainage entraîne une réduction de la capacité hydraulique, augmentant ainsi la fréquence et l'intensité des inondations en milieu urbain. Un ratio de $0,64 \text{ m}^3/\text{m}/\text{an}$ de déchets urbains occupe le réseau des caniveaux dont les déchets solides sont principalement constitués de sable (87,87 %) et de matières plastiques (8,04 %).

La réduction des impacts nécessite un renforcement des politiques de gestion des déchets en milieu urbain, la mise en œuvre d'infrastructures d'assainissement pluvial robustes et adaptées aux dynamiques hydroclimatiques, ainsi qu'une éducation communautaire accrue sur l'importance d'un usage rationnel et responsable des réseaux de drainage.

Références

- Abdou A.A. (2018). La ville de Niamey face aux inondations fluviales. Vulnérabilité et résilience des modes d'adaptation individuels et collectifs. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes et de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, 155p
- ANAM (Agence Nationale de Météorologie). (2022). Relevé annuel des paramètres météorologiques de Ndjamena
- Annadif M. A.A., Mahamat S. H., Ketchemen T.B., Wilson Y. F., Sanoussi R., Ismaghil B., Madubuko M. C., Adedeji A.A., Foto E., Backo S., Huneau F. (2017). Gestion intégrée et durable des systèmes aquifères et des bassins partagés de la région du Sahel. Rapport sur le projet régional de coopération technique RAF/7/011 appuyé par L'AIEA
- Assamoi B. A., Aman M., Amenan L. C. M., Aka J.P., Lacina C. (2022). Fonctionnement des collecteurs d'eau pluviale de cinq quartiers de la ville de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire : identification des dysfonctionnements et dynamique des nutriments. Afrique SCIENCE 21(4) (2022) 105 -119
- ASTEE. (2018). Guide technique pour la conception des réseaux et ouvrages d'assainissement urbain, Commission Assainissement, Groupe de travail révision instruction technique, 273 pages.

- BRGM. (1988). Etude de la vulnérabilité des nappes aquifères superficielles de N'Djaména (Tchad) et recommandations pour les aménagements, 90 p.
- Carlier J. (1972). Hydraulique générale et appliquée. Editions Eyrolles.
- Chocat B., Bertrand-Krajewski J., Barraud S. (2007). Eaux pluviales urbaines et rejets urbains par temps de pluie.
- Dansou B. S., Odoulamin L. (2017). Enjeux environnementaux des stratégies de gestion des déchets dans la ville de Porto-Novo au sud du Bénin. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 30 (2017) 138 – 159
- Djoret D. (2000). Etude de la recharge de la nappe du Chari Baguirmi par des méthodes chimiques et isotopiques. Thèse de l'Université d'Avignon des pays de Vaucluse (France). 161p.
- Gac J.Y. (1980). Géochimie du bassin du lac-Tchad. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. n° 1243, 251 p.
- Hemchi M. H., Hallou A. M., Danvide T.B. (2021). Analyse du processus d'extension de la ville de N'Djaména au Tchad (1900 – 2018). Geo-Eco-Trop., Vol, 45, 3 : PP 507-516
- Hountondji B., Codo F.P, Dahounto S.V.H, Gbaguidi T.B. (2019). Gestion des inondations en milieu urbain : Cas de la ville de Cotonou au Bénin. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°39, Sept 2019, pp. 333-347
- Hubert P. (2005). La prédétermination des crues. Comptes Rendus - Geoscience, 337(1–2), 219–227.
- Julien G., Marion S., Sophie O., Jean-Marie I., Thomas L. J. (2018). Mémento de l'assainissement. Éditions Quæ, Éditions du Gret.
- Martin M. B., Eraste K. M., Henry M. K., Emmanuel B. M. (2024). Evaluation "One Health" de l'état de la gestion des excréta et des eaux usées domestiques dans la ville de Kindu (République Démocratique du Congo). PAMJ-One Health. 2024;14(24).10.11604/pamj-oh.2024.14.24.44442
- Mounsi F. (2024). Paysage, pratiques « habitantes » et aménagement des interfaces ville-fleuve à N'Djaména (Tchad). Projets de paysage
- OSUG. (2024). L'Afrique de l'Ouest et Centrale face aux inondations à répétition.
- Possilétya J.K.B., Kouamé V., Fé D.C., Dopé A.C. Y., Kouadio A.S., Zié B., Tidou A. S. (2019). Risques sanitaires liés aux déchets ménagers sur la population d'Anyama (Abidjan-Côte d'Ivoire).
- Ps-Eau. (2013). La Gestion des Eaux Pluviales en milieu urbain dans les pays en développement, 38p.
- Schneider J.L. (1989). Géologie et hydrogéologie de la République du Tchad (PhD Thesis).
- Schneider J.L., Wolf J. P. (1992). Carte géologique et hydrogéologique de 1/500 000 de la république du Tchad, mémoire explicatif, 531. Paris : BRGM, p.531.
- SDEA (Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement) du Tchad 2003 - 2020. (2003)
- Souleye W., Faye S., Dieng M., Kaba M., Kane N. R. (2009). Télédétection des catastrophes d'inondations urbaines : le cas de la région de Dakar (Sénégal), Institut des sciences de la terre, faculté des sciences techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 7p, article.
- Stephens A., Patrick G., David R. (2002). Stormwater Planning: A Guidebook for British Columbia, province de la Colombie Britannique, may 2002.
- Tezanou J., Koulidiati J., Proust M., Sougoti M., Goudeau J.C, Kafando P., Rogaume T. (2001). Caractérisation des déchets ménagers de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). Annales de l'Université de Ouagadougou
- Van D.A.I.J.M., Beck H.E., Boergens E., R.A.M. de Jeu, Dorigo W.A., Edirisinghe C., Forootan E., Guo E., Güntner A., Hou J., Mehrnegar N., Mo S., Preimesberger W., Rahman J., Rozas L.P. (2025). Global Water Monitor 2024, Summary Report.
- Vuni S., Holenu M., Puela P., Kinsungila W., Tshibuabua M., Masamuna P., Lelo N., Mola M., Aloni K., Nzau U.M. (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.
- Vuni S., Likinda B., Kisangala M., Aloni K., Nzau U. M. (2021). Analyse du système d'évacuation des eaux usées domestiques et pluviales dans le quartier Industriel/ Commune de Limete, Kinshasa, Congo Sciences Journal, Numéro 1, Volume 9, pp. 71-78.
- Walter M. (2017). Gestion des déchets ménagers à Kadutu une problématique sanitaire et environnementale. Revue Ethique et société.