

Etude hydrologique et hydraulique du bassin versant d'assainissement urbain du quartier Adidoadin de la commune Golfe 5 à Lomé (Togo): Proposition pour une gestion pérenne des eaux pluviales

Komlan Fambi, PhD

Massabalo Ayah, MA

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée et Environnement,
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

Yawovi Mawuénya Xolali Dany Ayité, PT

Laboratoire de recherche en Science de l'Ingénieur,
Ecole Polytechnique de Lomé, Université de Lomé, Togo

Moctar Limam Bawa, PT

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée et Environnement,
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n24p97](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n24p97)

Submitted: 03 April 2024
Accepted: 19 August 2024
Published: 31 August 2024

Copyright 2024 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Fambi, K., Ayah, M., Ayité, Y. M. X. D., & Bawa, M. L. (2024). *Etude hydrologique et hydraulique du bassin versant d'assainissement urbain du quartier Adidoadin de la commune Golfe 5 à Lomé (Togo): Proposition pour une gestion pérenne des eaux pluviales*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (24), 97. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n24p97>

Résumé

Ce travail consiste à analyser les phénomènes hydrologiques et hydrauliques du bassin versant d'assainissement urbain du quartier Adidoadin de la Commune Golfe 5 à Lomé, au Togo. Il a pour objectif d'identifier les causes des inondations de ce bassin versant d'assainissement urbain. La méthode de Manning-Strickler a été utilisée pour évaluer le débit d'écoulement d'eau dans les collecteurs et la méthode rationnelle a servi pour la détermination du débit généré par la pluie sur le bassin versant étudié. À travers une combinaison de techniques hydrologiques et hydrauliques de l'étude de cas réalisé pour la vérification de la capacité des collecteurs d'évacuateurs de crues, avec un débit de 3,76 m³/s, a montré que ce débit est supérieur au débit d'eau provenant du bassin versant (0,774m³/s), même avec

un coefficient de ruissellement le plus défavorable (0,9). A cet effet, les problèmes d'inondation seraient dus à la présence de crêtes qui ne favorisent pas l'écoulement gravitaire, également des conséquences issues d'une urbanisation mal maîtrisée (défaut de conception des infrastructures, extension de nouveaux quartiers dans des zones à risques). Ainsi, Cette recherche examine les caractéristiques physiques du bassin versant, évalue les régimes de précipitations et de ruissellement, identifie les problèmes d'inondations dus aux changements climatiques et propose des mesures d'atténuation appropriées pour minimiser les risques d'inondations et d'érosion, tout en favorisant une utilisation efficace des ressources en eau.

Mots-clés: Inondations, bassin versant, méthode de Manning-Strickler, méthode rationnelle, crêtes, changements climatiques

Hydrological and hydraulic study of the urban drainage catchment area of the Adidoadin district of the Golfe 5 commune in Lomé (Togo): Proposal for sustainable stormwater management

Komlan Fambi, PhD

Massabalo Ayah, MA

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée et Environnement,
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

Yawovi Mawuénya Xolali Dany Ayité, PT

Laboratoire de recherche en Science de l'Ingénieur,
Ecole Polytechnique de Lomé, Université de Lomé, Togo

Moctar Limam Bawa, PT

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée et Environnement,
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

Abstract

This work involves analyzing the hydrological and hydraulic phenomena of the urban drainage catchment area of the Adidoadin district of Commune Golfe 5 in Lomé, Togo. The aim of this study is to identify the causes of floods in this urban drainage watershed. The Manning-Strickler method was used to assess the flow of water in the collectors and the rational method was used to determine the flow generated by rainfall in the catchment area studied. The use of a combination of hydrological and hydraulic techniques to verify the hydraulic capacity of the spillway collectors, with a flow of 3.76 m³/s of the studied case, showed that this flow is greater than the

flow of water coming from the catchment area ($0.774\text{m}^3/\text{s}$), even with the most unfavourable runoff coefficient (0.9). Flooding problems are thus due to the presence of ridges that do not favor gravity flow, and to the consequences of poorly controlled urban development (faulty infrastructure design, extension of new districts into at-risk areas). Henceforth, this research examines the physical characteristics of the catchment, assesses rainfall and runoff patterns, identifies flooding problems due to climate change, and proposes appropriate mitigation measures to minimise the risk of flooding and erosion, while promoting the efficient use of water resources.

Keywords: Floods, watershed, Manning-Strickler method, rational method, ridges, climate change

Introduction

Au Togo comme bon nombre de pays africains, les constructions des habitats et des routes ne respectent pas un plan d'urbanisation d'ailleurs inexistant. L'existence des routes aménagées sans caniveaux, auront comme conséquence, l'accumulation continue des eaux pluviales des rues sans issues de pente gravitaire dans des dépressions naturelles de nos villes (MERF 2014a ; Salavati, 2015). La gestion difficile des eaux pluviales en milieu urbain due à la croissance urbaine, constitue l'un des facteurs de nombreux dégâts (ravage des habitations et perte en vie humaine) de nos villes dans le monde. Au Togo, les phénomènes d'inondation ont pris de l'ampleur à partir de l'année 2008. Dès lors, le Togo a enregistré à l'issue des inondations 42 pertes en vies humaines, 245 869 sinistrés et 51 902 habitations détruites, (PANA, 2008; Klassou, 2011 ; Gbafa, 2019). Pour pallier à ce fléau, les autorités ont mis en place, les retenues d'eau pour le stockage temporaire des eaux de ruissellement issues des pluies diluviennes, qui après continueront leur chemin jusqu'à la lagune (exutoire final). Cette gestion difficile des eaux pluviales est due à des occupations du sol qui ne tiennent pas compte de la connaissance du réseau hydrographique du bassin versant urbain. Sous l'effet des changements climatiques, les volumes des précipitations vont au-delà des prévisions et sont à l'origine des catastrophes naturelles (MERF, 2013 ; CRED, 2016). Dans le cadre de la politique des grands travaux d'infrastructures et d'assainissement urbain, l'Etat togolais a mis en place plusieurs retenues d'eau localisées respectivement dans leurs bassins versants suivant le découpage topographique (pentes du terrain naturel), dont la retenue d'eau d'Adidoadin localisée dans son bassin versant (DGH, 2004). La retenue d'eau du bassin versant d'Adidoadin (exutoire temporaire) fait partie des zones d'inondation et reçoit les eaux de ruissellement pluviales ainsi que les effluents domestiques. L'évacuation de ces eaux usées gravitairement de la

retenue vers la lagune est difficile et demeure une préoccupation des populations riveraines.

L'urbanisation rapide et non planifiée entraîne souvent des défis majeurs en matière de gestion des eaux pluviales dans les zones urbaines, notamment en ce qui concerne la régulation des débits d'écoulement, la prévention des inondations et la préservation de la qualité de l'eau. Le quartier Adidoadin, situé dans la commune Golfe 5 à Lomé, fait face à ces défis, mettant en évidence la nécessité d'une analyse hydrologique et hydraulique approfondie de son bassin versant d'assainissement urbain. Cette étude vise à combler cette lacune en fournissant une évaluation détaillée des caractéristiques hydrologiques et hydrauliques du bassin versant, ainsi que des recommandations pour une gestion durable des eaux pluviales.

Ainsi, la présente étude vise principalement à

- Caractériser et délimiter le bassin versant d'assainissement urbain du quartier Adidoadin.
- Analyser les régimes de précipitations et de ruissellement du bassin versant, en tenant compte des facteurs climatiques et topographiques.
- Proposer des mesures d'atténuation des risques d'inondation et de gestion des eaux pluviales.

Méthodes

La retenue d'eau du quartier Adidoadin reçoit les eaux du bassin versant d'une superficie de 2,4 km² qui draine les eaux de ruissellement d'origine pluviales. Situé dans la zone lagunaire nord et au sud-ouest du plateau d'Agoe, dans la commune du Golfe 5 avec leurs caractéristiques biophysiques tels que le climat, la végétation, l'hydrographie, la géologie, l'hydrogéologie et l'urbanisation, (Figure 1).

La température moyenne est d'environ 27°C avec des écarts de 6 à 9°C entre les minimas et les maximas mensuels. Au mois d'août, la température diminue jusqu'à 18°C. Cette baisse de température est liée à la remontée d'eau froide longeant la côte. (Blivi, 2005) (Figure 2).

La végétation de la zone d'étude est fortement dégradée sous l'effet de la croissance urbaine. L'essentiel du couvert végétal est constitué d'arbres d'ombrage ou fruitiers plantés (Adjonou et al, 2013). Il s'agit pour la plupart d'*Azadirachta indica* (nîme), de *Mangifera indica* (manguier), de *Terminalia mantali*, de *Mellitia thoningii* *Uracre pitan*, *Gmelinaar borea*, de *Coco nucifera* (cocotier), etc. (Profizi et al, 2021). Des espaces verts, des jardins publics et privés, des domaines non bâtis portant par endroits des arbustes et des graminées (Edohr et al, 2008). Les zones humides comme les bassins d'orage aménagés ou non par contre sont colonisées par une diversité d'espèces variant d'un plan d'eau à un autre, en fonction de la qualité de l'eau (salinité, pH, température, oxygène dissous, etc.) et des apports des bassins

versants (mosaïques de graminées naturelles, de prairies de mare quasi permanente, des herbacées et de la jacinthe d'eau qui résistent à l'engorgement d'eau) (Atanlé et al, 2012).

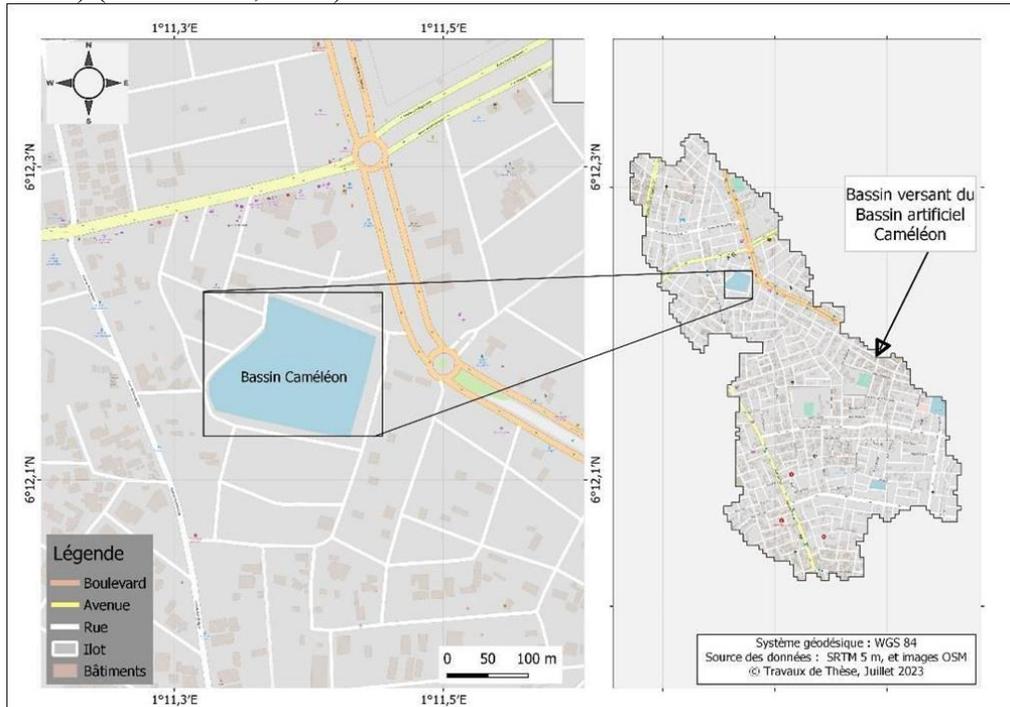


Figure 1 : Délimitation de la retenue d'eau du carrefour Adidoadin localisé dans son bassin versant
(Carte réalisée par Fambi, 2023)

Les précipitations annuelles sont très irrégulières et varient entre 750 mm en année sèche et 1000 mm en année humide. Les valeurs extrêmes passant de moins de 450 mm à plus de 1300 mm. La grande saison humide totalise 52 à 60% des précipitations annuelles, ces données recueillies à la Direction Nationale de la Météorologie (DNM, 2021). Le mois de juin est une période de forte pluie avec 26% de pluie annuelle (Figure 2).

En ce qui concerne les eaux superficielles, aucun cours d'eau ne traverse la zone d'étude. Toutefois on observe en saisons pluvieuses, des circulations d'eau des points hauts vers les points bas qui constituent des zones d'inondation par excellence. Ainsi, le réseau hydrographique est caractérisé par quelques réseaux d'assainissement, des circuits et des dépressions des eaux de ruissellement et surtout des bassins de rétention (Fambi, 2023). La plupart de ces bassins sont canalisés vers le système lagunaire de Lomé (Figure 3).

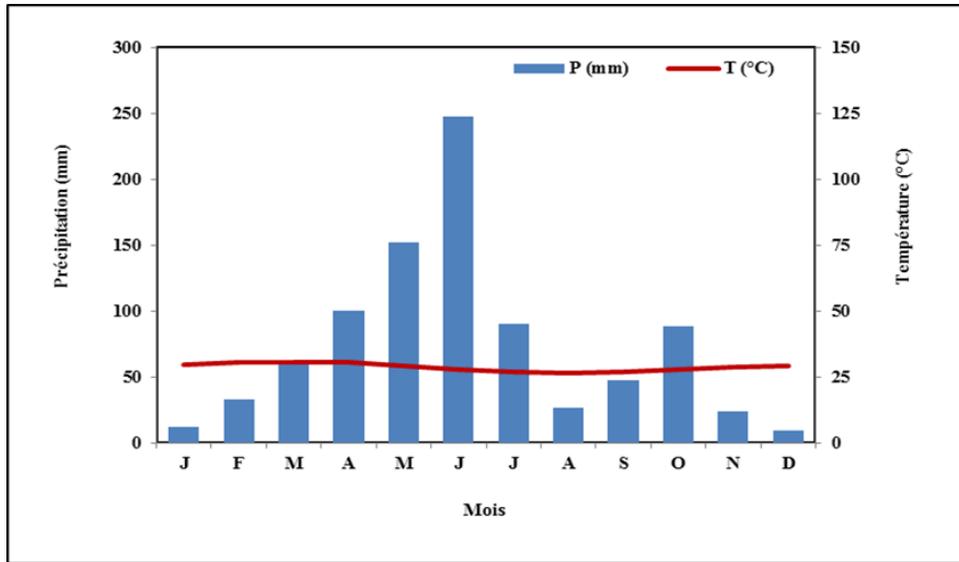


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Lomé
 (Source: Direction de la Météorologie Nationale, Lomé, 1971-2021)

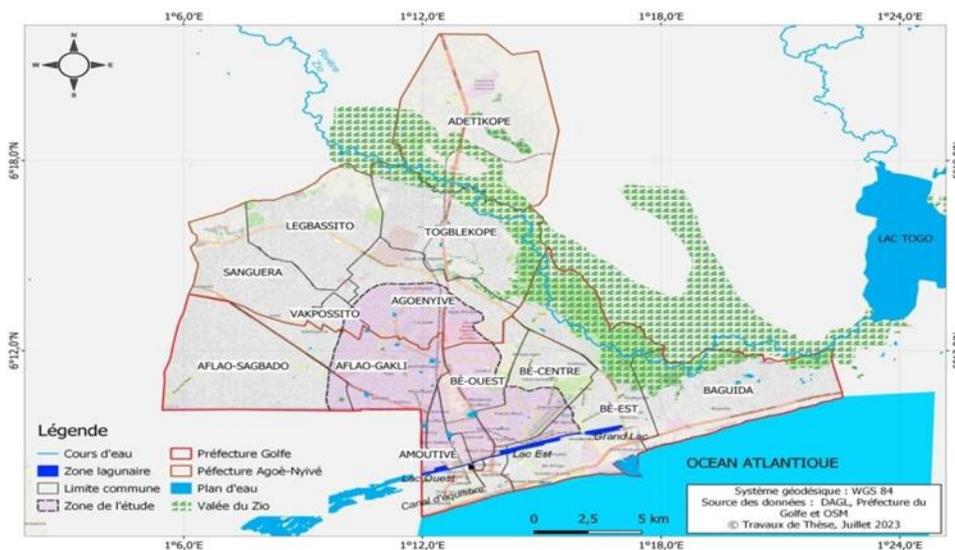


Figure 3 : Ensemble hydrographique simplifié de la zone d'étude
 Carte réalisée par Fambi, 2023

Le relief présente une forte rupture de pente immédiatement vers la zone lagunaire avec une dénivelée importante de 5 à 15 m selon les endroits. Elle est aussi caractérisée par un relief hétérogène et irrégulier. La zone qui s'élève entre les côtes de 10 et 35 m dans les limites de la zone d'étude présente un microrelief important composé d'une multitude de dépressions et cuvettes

d'ampleurs très variables. (Fambi, 2023) Localement les pentes sont très marquées et peuvent atteindre 3 à 4 % dans n'importe quelle direction.

Les formations géologiques de la zone d'étude montrent une formation de la terre de barre (plateau d'Agoe ou plateau de Lomé) avec une formation marine sableuse (Blèza, 2023). Une coupe Sud-Nord (Figure 4) met en évidence la faible pente, du cordon littoral, du plateau de Lomé (Plateau d'Agoe) et des 2 terrasses à galets du versant nord de la vallée du Zio (Ayah 2016). La zone lagunaire correspondant aux dépressions marécageuses est constituée de formations lagunaires et laguno-marines.

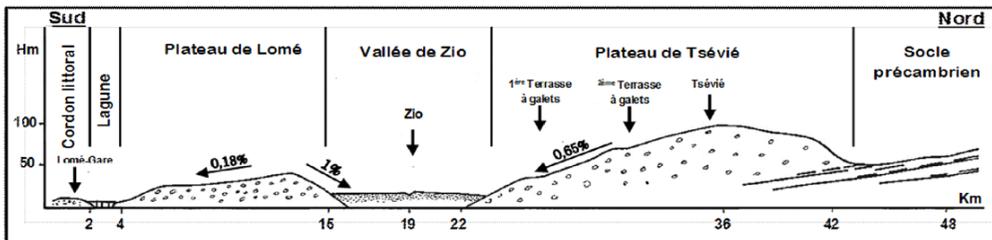


Figure 4 : Coupe Sud-Nord des plateaux de Terre de Barre modifiée (Ayah, 2016)

La couverture pédologique de la zone d'étude est constituée de quatre principaux types de sols (Gnazou, 2008): Les sols hydromorphes. On distingue des sols gris de bas des pentes, développés sur des colluvions sableuses sous influence de nappe en profondeur. Les sols ferralitiques et les sols halomorphes.

Depuis les années 90, au-delà du « noyau historique » qu'est la ville de Lomé et hormis les domaines réservés de l'Université de Lomé, des sites de « Lomé II » et de l'aéroport, on note une très forte urbanisation incluant la zone d'étude suivant quatre principaux axes d'extension (Figure 5).

- l'extension Nord-Ouest vers Kpalimé, suivant la nationale N°3 (route Lomé-Kpalimé) et le long de la frontière Togo-Ghana ;
- l'extension Nord vers Tsévié, suivant la nationale N°1 (route Lomé-Cinkassé) ;
- l'extension Nord-Est vers Vogan suivant la nationale N°34 (route Lomé-Vogan) ;
- l'extension le long du littoral et vers Aného suivant la nationale N°2 (route Lomé-Hillacondji, frontière Togo-Bénin).

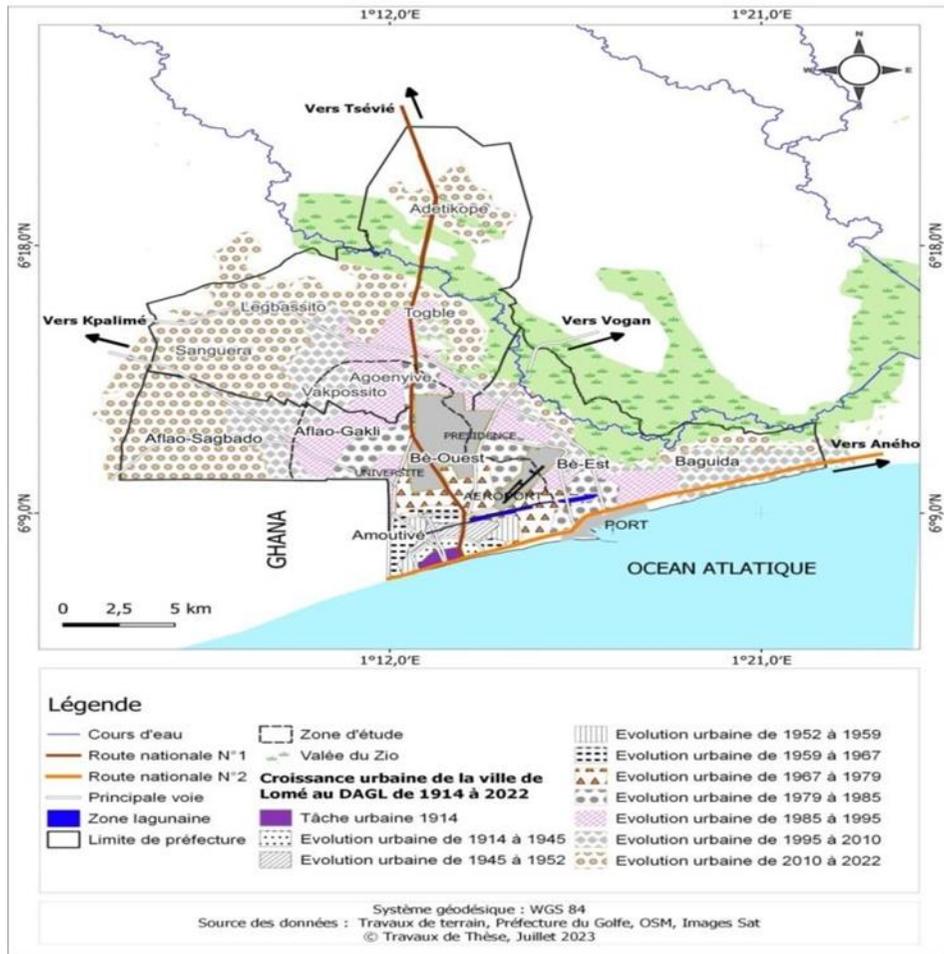


Figure 5 : De Lomé au DAGL : Etapes de la croissance de Lomé de 1914 à 2023
 (Carte réalisée par Fambi, 2023)

- Collecte de données : données topographiques, climatiques, hydrologiques et socio-économiques pertinentes.
- Analyse hydrologique : utilisation de logiciels de modélisation hydrologique pour estimer les régimes de précipitations et de ruissellement dans le bassin versant.
- Analyse hydraulique : utilisation de modèles hydrauliques pour simuler les écoulements d'eau et évaluer les risques d'inondations.
- Élaboration de recommandations : basées sur les résultats de l'analyse, proposition de mesures d'atténuation adaptées au contexte local et aux contraintes socio-économiques.

Traitement des données pluviométriques: Ce traitement consiste à déterminer l'averse type, la période de retour, le temps de concentration et

l'intensité de pluie en vue de mettre en évidence le débit d'eau pluviale provenant du bassin versant. Ainsi nous avons procédé à une analyse des averses maximales annuelles tombées sur le bassin versant sur une période de 50 ans. Le dépouillement de ces données permettra de trouver un débit correspondant à une période de retour plus scientifique et raisonnable de la pluie du projet en utilisant les lois de calcul de la statistique hydrologique selon GUMBEL et FREICHT (Koulekey et Abrangao, 1991 ; Gbafa, 2019) dont les expressions sont représentées par les équations suivantes :

GUMBEL		FRECHET	
$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$	(Eq.1)	$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{N}$	(Eq.5)
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$	(Eq.2)	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N - 1}}$	(Eq.6)
$\frac{1}{\alpha} = 0,780\sigma$	(Eq.3)	$\frac{1}{\alpha} = 0,780\sigma$	(Eq.7)
$x_0 = \bar{x} - 0,45\sigma$	(Eq.4)	$(\log x)_0 = \overline{\log x} - 0,45\sigma$	(Eq.8)

x : Hauteur d'averse maximale annuelle sur une durée de 50 ans.

N : Nombre totale de hauteur maximale de pluie pendant 50 ans

α : Coefficient d'ajustement de GUMBEL et FRECHET

σ : Ecart type

Pour cette étude la méthode rationnelle est retenue pour évaluer le débit du bassin versant, dont la superficie est inférieure à 4 km².

$$Q = 1/360 . C.I.A \quad (Eq.9)$$

Avec : *C* : le coefficient de ruissellement décennal ; *I* : Intensité de l'averse en mm/h

A : superficie du bassin versant en ha ; *Q* : débit à l'exutoire en m³/s.

Pour le calcul de l'intensité de la pluie, la formule utilisée est de type MONTANA (DGH, 2004).

$$I = a/T_c^b \quad (Eq.10)$$

Avec : *I* : intensité moyenne maximale de la pluie (mm/h) ; *T_c* : temps de concentration ; *a* et *b* sont des constantes d'ajustement, dépendant de la période de retour de la pluie de projet, obtenues à partir des données du pluviographe de la station météorologique de Lomé-Aéroport.

Le temps de concentration, l'utilisation la plus courante en tenant compte des paramètres caractéristiques du bassin versant est la formule de KIRPICH (Koulekey, 1991 ; Gbafa, 2019).

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \quad (Eq.11)$$

Avec : T_c : temps de concentration ; L : la plus grande longueur hydraulique en m ;
 S : la pente moyenne de la longueur de parcours L en m/m.

Dimensionnement d'ouvrages hydrauliques : Il s'agit de procéder à la vérification de la capacité hydraulique de l'évacuateur de crue, d'un caniveau de section rectangulaire en béton armé à partir de la formule de Manning et Strickler :

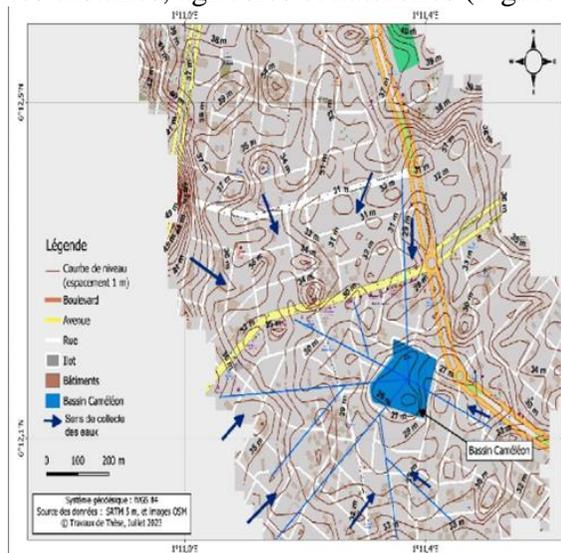
$$Q = K_s.S.R_h.I^{1/2} \quad \text{ou} \quad Q = 1/n.S.R_h.I^{1/2} \quad (Eq.12)$$

Avec : Q [m³/s] : le débit du collecteur ; K_s : Coefficient de rugosité selon Manning Strickler dépendant de la nature du Revêtement de l'ouvrage ($K_s=70$ pour les canaux en béton armé lisse) ; R_h [m] : le rayon hydraulique ; I [m/m] : la pente.

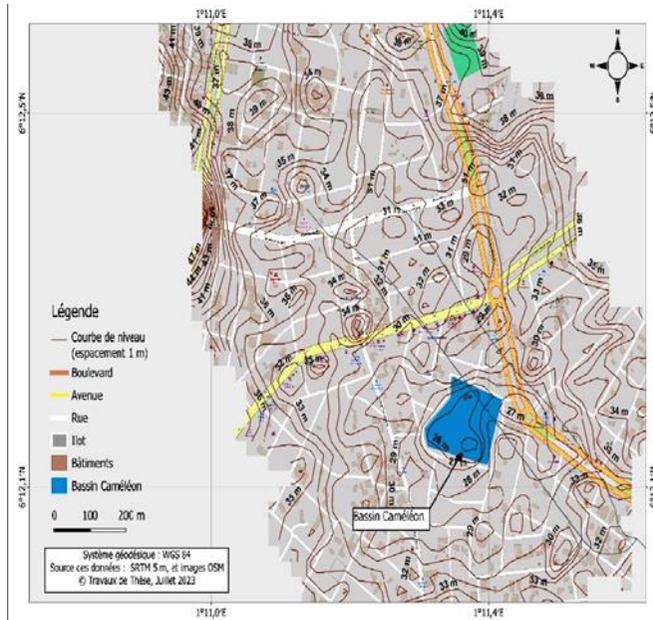
Ce débit du collecteur d'évacuateur de crue par la formule de Manning-Strickler, afin de vérifier la section hydraulique convenable des collecteurs pour le drainage des eaux jusqu'à l'exutoire, va être comparé au débit d'eau provenant du bassin versant par la méthode rationnelle. (Eq.9)

Résultats

D'une superficie de 2,4 Km², il est localisé entre 6° 13'4,80"N ; 6° 13'12000"N et 1° 11'16,044"E ; 1°11'26,448"E, avec une retenue d'eau de surface totale de 0,5 ha et 7 m de profondeur. C'est un bassin versant urbain, constitués de zones urbaines, agricoles et naturelles (Figure 6).



6a : Délimitation du bassin et différents sous bassin versant de la retenue d'eau d'Adidoadin



6b : Caractéristiques hydrologiques et hydrauliques en système gravitaire du bassin et sous bassins versant de la retenue d'eau de Caméléon à Adidoadin.

Figures 6 : Carte hydrologiques et hydrauliques du bassin versants Caméléon à Adidoadin
(Carte réalisée par Fambi, 2023)

Les figures 6a et 6b présentent les caractéristiques hydrologiques et hydrauliques du bassin et ses différents sous bassins versants et la retenue d'eau du quartier Adidoadin , dont la délimitation est la suivante :

- Au Sud par une courbe de niveau du carrefour de la limousine à la pharmacie lumière à Agbalépédogan.
- Au Nord par la courbe de niveau partant du bar Plateau d'Agoè-Nyivé jusqu'à la CEET Agoè-Nyivé.
- A l'Ouest par la courbe de niveau entre le bar Plateau et carrefour Limousine.
- A l'Est par la ligne CEET Agoè-Nyivé et la pharmacie Lumière d'Agbalépédogan,

Ce bassin versant est subdivisé en dix-neuf (19) sous- bassins versants avec une pente moyenne d'environ 0,7%. De longueur d'écoulement totale de 2566m, avec un temps de concentration de 56,12 minutes, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques du bassin versant du carrefour caméléon du quartier Adidoadin (DGH, 2004 et Fambi, 2023)

Sous bassins versants	Superficie (m ²)	Pente moyenne (%)	Longueur maximale d'écoulement (m)	Temps de concentration (mn)
SBV1	10770	2.5	20	0,81
SBV2	11669	2.5	20	0,81
SBV3	313225	0.731	715	20,43
SBV4	12691	2.5	15	0,64
SBV5	55363	0.801	1018.67	25,90
SBV6	103421	1.145	963.12	21,61
SBV7	182465	0.711	1391.71	0,99
SBV8	156243	1.356	1218.39	24,27
SBV9	24578	1.303	473.38	11,90
SBV10	27998	2.5	20	0,81
SBV11	31450	2.5	20	0,81
SBV12	25954	0.652	403.95	13,75
SBV13	14271	2.5	15	0,64
SBV14	7987	2.5	15	0,64
SBV15	9019	2.5	20	0,81
SBV16	77432	1.279	801.83	17,99
SBV17	81350	0.927	461.93	13,31
SBV18	30702	0.814	499.02	14,85
SBV19	1224249	0.772	2566.09	53,51
Superficie totale	2400837	Moyenne : 1.605	Moyenne : 560.952	Moyenne : 11.815

La période de retour de la pluie du projet est déterminée par les lois d'ajustement de Gumbel et Freicht (Gbafa, 2019), sont présenté dans le tableau 2.

Tableau 2 : Lois d'ajustement de Gumbel et Frechet (Bingham et al., 1989 ; Koulekey, 2013)

Hauteur d'averse X (mm) (Gumbel)	Hauteur d'averse Log(X) (mm) (Frechet)	U	Fréquence d'apparition F(x)=1-1/Tr	Période de retour Tr
84,80985656	1,909279673	1,5	0,8	5
98,46786502	1,99055473	2,25	0,9	10
111,5655449	2,068495426	2,97	0,95	20
115,744662	2,093364204	3,199	0,96	25
128,5621777	2,16963772	3,902	0,98	50
135,986531	2,213818007	4,311	0,9867	75
141,2629582	2,245216577	4,6	0,99	100
170,6568601	2,420131615	6,214	0,998	500
183,2875996	2,495293676	6,907	0,999	1000

Le calcul de la période de retour est effectué à partir des données pluviométriques obtenues au service météorologique de l'aéroport de Lomé,

sont les hauteurs maximales annuelles de pluie sur une durée de cinquante (50) ans, Ces données sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3: Hauteur maximale (mm) (DNM, 2021)

Année	Intervalle de temps				
	15'	30'	45'	60'	120'
1970	22	41	57	78	84
1971	17	32	65	91	91
1972	30	60	64	64	64
1973	20	36	42	52	74
1974	20	36	42	52	55
1975	20	32	42	52	74
1976	20	32	42	52	55
1977	16	26	26	29	30
1978	17	25	30	32	32
1979	27	44	54	63	78
1980	22	56	60	62	71
1981	30	36	37	55	67
1982	32	32	37	42	47
1985	40	58	61	63	64
1986	32	43	48	53	58
1987	31	30	42	48	55
1988	18	30	35	36	39
1989	25	53	76	95	123
1990	22	49	54	58	58
1991	27	45	51	54	56
1992	14	28	45	61	61
1993	35	47	49	50	50
1994	14	37	41	43	61
1995	17	35	44	50	55
1996	25	45	50	52	54
1997	25	40	50	55	59
1999	20	43	60	78	105
2000	21	28	30	32	41
2001	28	62	89	103	110
2002	37	43	44	62	74
2003	38	38	43	49	54
2004	47	65	68	70	71
2005	39	50	55	60	65
2006	38	37	49	55	61
2007	25	37	42	43	46
2008	32	60	83	102	130
2009	29	56	61	65	65
2010	34	52	58	61	63
2011	20	34	52	67	67
2012	42	54	56	57	57
2013	21	44	48	50	68
2014	24	42	51	57	62
2015	32	52	57	59	61
2016	32	47	57	62	66
2017	27	50	67	84	112
2018	28	35	37	39	48
2019	35	69	96	109	117
2020	43	77	102	105	125

Pour les cinquante (50) données pluviométriques étudiés, 86% des hauteurs maximales de pluie se retrouvent dans l'intervalle de 84,80 à 98,46 pour Gumbel et de 1,90 à 1,99 pour Freicht, ce qui nous donne une période de retour de cinq (5) ans selon les méthodes de calculs de ses deux auteurs.

L'intensité de la pluie du projet est calculée par la formule de Montana dont les paramètres $a = 7,31$ et $b = 0,43$ des coefficients correspondants, à une période de retour de **cinq (5) ans** sont obtenues à partir des données du pluviographe de la station météorologique de Lomé-Aéroport. La valeur de l'intensité maximale de la pluie du projet calculée est de **1,29 mm/h**.

Les ouvrages d'hydrauliques et d'assainissement d'extension de la ville de Lomé sont dimensionnés par un coefficient de ruissellement de 0,45 (45% des eaux ruisselées et drainées contre 55% d'infiltration). Ces coefficients sont en fonctions des divers tissus recensés, de l'occupation du sol (surfaces bâties et non bâties ; voiries bitumés et non bitumés). (DGH, 2004). Les caractéristiques hydrauliques et hydrologiques des données pluviométriques et les mesures sur le terrain sont consignées dans le tableau 4.

Tableau 4: Paramètres hydrauliques et hydrologiques du bassin versant et du collecteur d'évacuateur de crues. (Fambi, 2023)

Paramètres de débits	Valeurs
Superficie du bassin versant (ha)	240
Intensité de la pluie (mm/h)	1,29
Coefficient de ruissellement favorable	0,45
Débit du bassin versant (m ³ /s) pour un coefficient de ruissellement favorable	0,387
Coefficient de ruissellement défavorable	0,9
Débit du bassin versant (m ³ /s) pour un coefficient de ruissellement défavorable	0,774
Pente du canal	1%
Débit du collecteur (m ³ /s)	3,76

Pour le cas du débit (0,77m³/s) le plus défavorable provenant du bassin versant, les collecteurs d'évacuateur de crue (3,76m³/s) sont capables de transporter ces eaux et les évacuer.

Discussion

L'augmentation des surfaces imperméables dues à l'urbanisation rapide et aux mauvaises occupations des sols modifiant des chemins hydrauliques naturels par les routes et les habitations, influencent leur hydrologie (Magand, 2014 et Labbas, 2015). Cette augmentation de surface imperméable, doublée d'hétérogénéité des bassins versants comme le montre les courbes de niveau, qui déterminent les pentes et indiquent le sens d'écoulement à travers le bassin versant (Figures 6a et 6b), rend leur étude de drainage et d'évacuation des eaux pluviales complexe.

Au Togo, les phénomènes d'inondation sont récurrents ces dernières années dans les grandes villes. Les travaux de recherche menés par le (PNDA,

2010 ; GBFA, 2019), indiquent d'une manière générale que, ces inondations urbaines sont dues essentiellement à une mauvaise occupation de l'espace liée à une méconnaissance des réseaux hydrographiques urbains et au caractère inapproprié des infrastructures mises en place. Ainsi, il apparaît qu'une solution durable à ces inondations passe par une bonne compréhension du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des bassins versants urbains (Diouf, 2011 ; GBFA, 2019). Pour pallier à ce fléau, en 2008, le gouvernement togolais a entamé la politique des grands travaux entre autres, les infrastructures routières et d'assainissement urbain (dalots, caniveaux, retenues d'eau). Malgré ces efforts, les phénomènes d'inondations deviennent fréquents et récurrents dont nous allons ressortir les difficultés et les causes.

Les études altimétriques de ce bassin versant, montrent que les courbes de niveau se situent entre 26 à 41 mètres par rapport au niveau de la mer (Figures 6a et 6b). Cette hétérogénéité du bassin versant constitue un relief de forme de vallées et de collines, empêchant, le drainage des eaux de ruissellement de cette surface close vers les retenues d'eau. L'extension de la ville, sous la pression d'une démographie galopante, Lomé compte plus d'un million huit cent mille (1.800.000) habitants et représente environ le quart de la population nationale du Togo, qui est de huit million deux cent quatre-vingt-cinq mille (8.285.000) habitants (DGSCN, 2011). Cette urbanisation, n'est pas compatible et ne prend pas en compte le plan d'assainissement de base (chemin hydraulique naturel du bassin versant). Ainsi l'implantation des infrastructures comme les immeubles et les routes etc., modifient considérablement l'hydrologie du bassin versant (Magand, 2014 ; Labbas, 2015). Au Togo la terre appartient à des collectivités (Code foncier et domaniale, 2018), qui ont le plein pouvoir de vente et de donation à une tiers personne, qui ne sus aucune réglementation d'occupation (manque de politique d'habitat). Cette occupation non règlementée et antérieurs aux travaux d'aménagements et d'assainissement urbain, entraîne d'énormes difficultés pour implanter les ouvrages (retenues d'eau) aux bons endroits.

Les bassins de retentions d'eau, communément appelé retenue d'eau, sont des ouvrages aménagés pour recueillir les eaux de ruissellement, issues des eaux pluviales. Ces ouvrages ne constituent pas un point de chute final des eaux de ruissellement. Ces eaux, après avoir atteint un certain seuil de hauteur doivent continuer leur chemin de façon gravitaire jusqu'à la lagune de Lomé, en transitant par d'autres retenues d'eau. Force est de constater que les eaux s'évacuent difficilement après avoir atteint un seuil dans la retenue. Cela est dû à plusieurs difficultés dont les causes possibles sont : absence de pente homogène descendante des collecteurs due à la présence de crête entre la côte amont et aval des évacuateurs de crues.

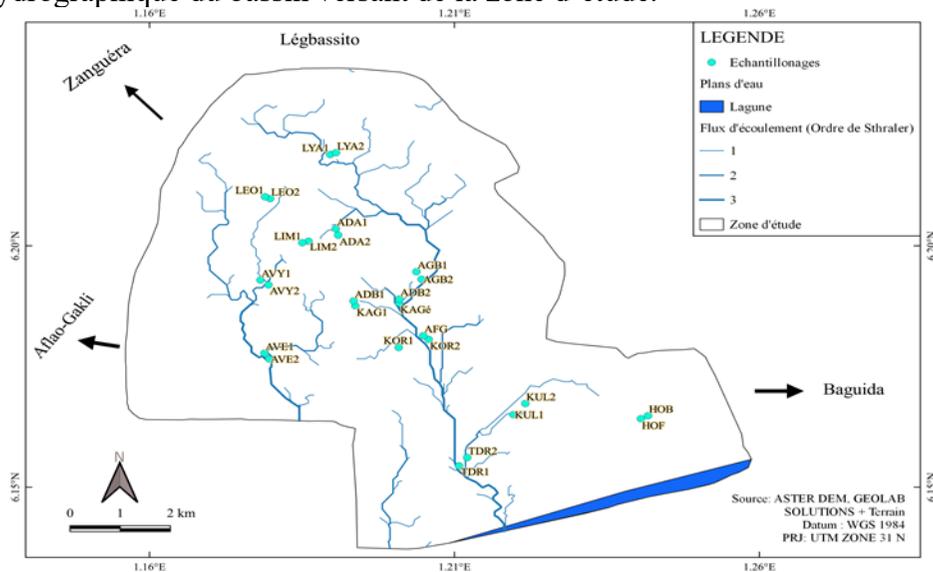
Du fait que les populations s'installent antérieurement avant tout travaux d'aménagement de nos villes, les ouvrages n'empruntent ni les

itinéraires normales, ni installés aux endroits convenables. Cette difficile évacuation des eaux pluviales par les évacuateurs de crues rend inondable les riverains, qui sont parfois délogés ou d'accès difficile à leur domicile dont les photos sont présentées sur la figures 7.



Figure 7 : Evacuation et drainage des eaux de débordement par pompage (Juin 2022)

Pour soulager les populations, les sapeurs-pompiers, sont chargés de l'évacuation de ces eaux par l'intermédiaire d'un aspirateur (moto pompe) munis de raccords qui évacue les eaux sur environ un kilomètre avant de les remettre dans le caniveau, dès que ça pente redevient favorable pour assurer l'évacuation des eaux pluviales. Ainsi, le plan d'urbanisation doit être établi antérieurement avant l'occupation du sol et doit prendre en compte l'écoulement naturel des eaux du bassin versant. Occuper le sol de façon vertical et non horizontal pour diverses constructions d'immeubles et d'habitations qui doivent occuper au maximum 50 à 75% des parcelles. La surface restante doit être réservée aux espaces verts pour l'infiltration, ce qui évitera le rejet de toute la quantité d'eau pluviale tombée sur nos toits pour inonder les rues. Pour poursuivre les mesures d'atténuation dans le cadre des inondations, les populations doivent prendre soin de peu d'infrastructures d'évacuation des eaux pluviales existantes (Interdiction formelle de rejet des ordures dans les caniveaux, ainsi que leur curage périodique, sans oublier la retenue elle-même, remplie de sables drainés par les eaux de ruissellement (diminution de sa capacité de rétention des eaux). La figure 8 montre le réseau hydrographique du bassin versant de la zone d'étude.



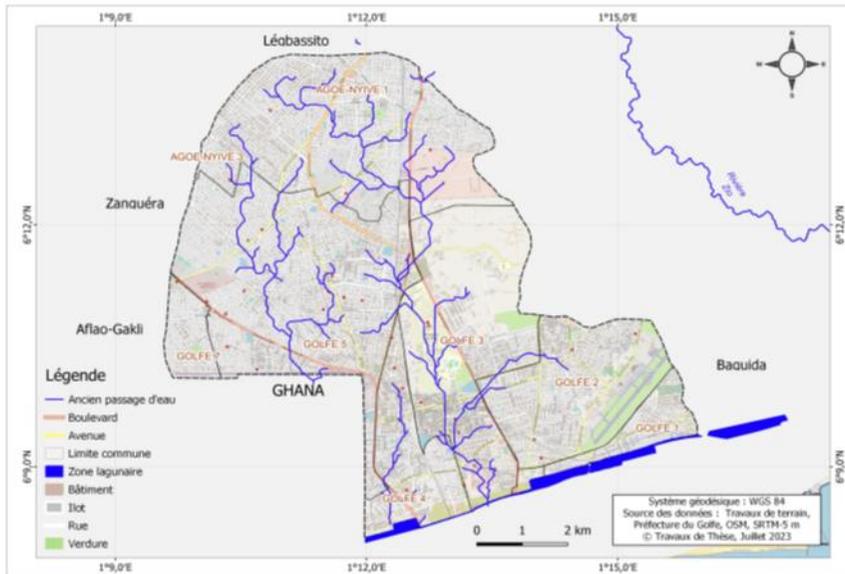


Figure 8 : Retenues d'eau et ancien réseau hydrographique et occupation de l'espace urbain
(Carte réalisée par Fambi, 2023)

Conclusion

La présente étude a permis de faire l'état des lieux, de caractériser les états structuraux et fonctionnels des ouvrages d'assainissement pluvial de la ville de Lomé ; dans un contexte de gestion adéquate des eaux pluviales et des ressources en eau. Elle a permis de déterminer un débit d'écoulement du bassin versant d'une période de retour de cinq (5) ans avec des caractéristiques hydrologiques du bassin versant et hydrauliques des collecteurs d'évacuateur de crue favorable. Ainsi, la solution aux inondations à Lomé serait de la mise en place d'un système d'assainissement adéquat, régulièrement entretenu et périodiquement renouvelé par sous bassin versant à cause des écoulements gravitaire discontinue et un curage annuel des retenues d'eau pour maintenir leur capacité de stockage initiale. A cet effet la connaissance des caractéristiques structurelles et fonctionnelles des ouvrages d'assainissement pluvial existants dans la ville de Lomé; la variabilité pluviométrique s'exprimant en hauteurs ou en intensités moyennes maximales des pluies extrêmes sont indispensables.

Malgré les multiples efforts des autorités appuyés par les bailleurs pour l'implantation des retenues d'eau pour gérer les eaux pluviales et lutter contre l'inondation ; fort est de constater que le peu d'eau qui arrive à l'exutoire, est débordée (manque de curage régulier). La totalité des eaux de ruissellement drainée par le bassin versant n'atteignent pas les retenus d'eau à cause des contraintes topographiques naturelles et activités anthropiques (barrières artificielle) qui modifient l'écoulement ou le chemin hydraulique naturel de

l'eau. Ces bassins de rétention constituent une ouverture potentielle des eaux ruisselées issues des eaux pluviales chargées de toutes sortes de polluants susceptibles d'infiltration vers les nappes d'eaux souterraines. La création des espaces verts dans nos concessions pour réduire la quantité de rejet d'eau pluviale dans les rues, ainsi que les eaux pluviales domestiques qui doivent être directement connectées aux caniveaux pour réduire les apports en matériaux solides (sables, déchets, plastiques, ...). Ces ouvrages d'assainissement sont insuffisants et sont non fonctionnels par endroit et ne suivent pas le rythme de croissance de la population. La politique de gestion des eaux pluviales est donc inadaptée dans la ville de Lomé. La faible proportion de bassin de rétention à vidange gravitaire doublée de la présence des équipements de pompage défectueux ou non fonctionnel sur les bassins de rétention montre un sérieux handicap de conception ; car le marnage normal entre le niveau minimum (fixé par la nappe phréatique) et le niveau maximum est inférieur à un mètre. Cette étude fournira des données cruciales pour une meilleure compréhension des défis liés à la gestion des eaux pluviales dans le quartier Adidoadin de la commune Golfe 5 à Lomé. Les recommandations résultantes viseront à informer les décideurs locaux et les parties prenantes sur les actions à entreprendre pour améliorer la résilience urbaine face aux inondations et à l'érosion, tout en promouvant une gestion durable des ressources en eau dans la région. Au regard des résultats, cette étude mérite d'être complétée par des études sur l'occupation des sols, des compléments, en hydrogéochimie pour le contrôle de qualité des ressources en eau de surface et des différents aquifères.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Adjonou K., Kokutse A. D. et Kokou K. (2013). Dynamique spatiale et diversité floristique de la Réserve de Faune de Togodo au Sud Est du Togo (Afrique de l'Ouest). *Scripta Botanica Belgica* 50: 63–72. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17004>.
2. Atanlé K., Bawa L. M., Kokou K. et Djaneye-Boundjou G. (2012). Caractérisation physico-chimique et diversité phytoplanctonique des eaux du lac de Zowla (Lac Boko), Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(1): 543-558. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i1.48>.

3. Ayah, M. (2016). Contribution des apports anthropiques dans la pollution d'un hydrosystème lagunaire subtropical : hydrogéo chimie du système lagunaire de Lomé (Togo). Thèse de doctorat. FDS.UL. 204p + annexes.
4. Bingham N. H., Goldie C. M., et Teugels J. L., (1989). Regular Variation, Cambridge, Cambridge University Press, coll. « Encyclopedia of Mathematics and its Applications » (n° 27), 1^{re} éd., 516 p. (ISBN 978-0-521-37943-4, <https://dx.doi.org/10.2277/0521379431>).
5. Blèza, A. (2023). Contribution à l'étude du fonctionnement de l'aquifère du continental terminal du plateau d'Agoe à partir d'une approche multicritère Lomé (Togo). Thèse de Doctorat, FDS.UL. 200p + annexes.
6. Blivi A. B. (2005). Communication en Nairobi REDDA/ RIOD/ UNCCD. 9 p.
7. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (2016). "Les inondations sont la plus grande menace" *Euronews. MAJ: 27/02/2018*.
8. DGSCN (2011). Rapport sur les résultats du 4^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat (4^{ème} RGPH, 2010). Bureau central du recensement (Togo), 65p.
9. Diouf, R. N. (2011). Etude hydro-pluviométrique des bassins versants urbains de la presque île du Cap-Vert. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 248 p.
10. Direction Générale de l'Hydraulique (DGH Togo). (2004). Plan Directeur d'Assainissement de la ville de Lomé. Rapport définitif, 286 p.10.
11. Edorh T., Blivi A., Bandje A., Abotsi K. (2008). Présence d'Algues toxiques dans les eaux marines et saumâtres du littoral togolais. *Annales des Sciences Agronomiques du Benin*. 10 (2):165-177. <https://doi.org/10.4314/asab.v10i2.42695>
12. Fambi K. (2023). Etude hydrologique et hydrochimique des bassins versants d'assainissement urbain et leurs influences sur les eaux souterraines à Lomé (Togo). Thèse de doctorat. FDS.UL. 159p + annexes.
13. Gbafa K. S. (2019). Ingénierie des catastrophes liées aux inondations: Modélisation des intensités d'averses et du schéma directeur d'assainissement pluvial dans la ville de Lomé (Togo). Thèse de doctorat. FDS.UL. 155p + annexes.
14. Gnazou M. D. T. (2008). Etude hydrodynamique, hydrogéo chimique, isotopique et modélisation de l'aquifère du paléocène du bassin

- sédimentaire côtier du Togo'', Thèse de doctorat. FDS.UL. 204p+annexes.
15. Klassou K. S. (2011). L'urbanisation et l'assainissement pluvial au Togo. *Revue de géographie tropicale de l'environnement*, Abidjan. (pp. 45-60).
 16. Koulekey K. C. (2013). Hydrologie appliquée, 184p coll. Institut FORMATEC, SS/04 2020 V001.
 17. Labbas M. (2015). Modélisation hydrologique de bassins versants périurbains et influence de l'occupation du sol et de la gestion des eaux pluviales : Application au bassin de l'Yzeron (130km²), Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes (France) 275p + annexes.
 18. Magand C. (2014). Influence de la représentation des processus nivaux sur l'hydrologie de la Durance et sa réponse au changement climatique. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI (France) 260p + annexes.
 19. MERF (2013). Stratégie Nationale de Réduction des Risques de Catastrophes naturelles au Togo. 100 p.
 20. MERF (2014a). Cartographie des zones à risque d'inondation de Lomé et ses environs. Rapport final. Groupement GEOCONSULT – GESTER, Togo. 26 p.
 21. PANA (2009). Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques. 113 p.
 22. PNDA (2010). Evaluation des dommages, pertes et besoins de reconstruction post catastrophes des inondations de 2010 au Togo. Rapport final, (39 p).
 23. Profizi J., Ardila-Chauvet S., Billot C., Couteron P., Maïté D., et al. (2021). Biodiversité des écosystèmes intertropicaux. Connaissance, gestion durable et valorisation. IRD Editions, pp.784, Synthèse, 978-2-709929387. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.40598>.
 24. Salavati, B. (2015). Impact de l'urbanisation sur la réponse hydrologique des bassins versants urbains. Sciences de la Terre. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, {NNT : 2015PA066470}. (tel-01636190)