

Évolutions hydro-pluviométriques et exposition des zones urbaines aux inondations dans le bassin versant du N'zo: Cas des villes de Man, Guiglo et Bangolo (Côte d'Ivoire)

[Hydro-pluviometric trends and urban flood risk in the N'zo watershed: The case of the cities of Man, Guiglo, and Bangolo the cases of Man, Guiglo and Bangolo (Côte d'Ivoire)]

Koffi Daniel Kouassi, Della André Alla, and Kouadio Christophe N'Da

Institut de Géographie Tropicale, Université Felix Houphouet Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The urban areas of the N'zo watershed, in western Côte d'Ivoire, face recurring floods that exacerbate the vulnerability of the households exposed to them. The objective of this study is therefore to analyze the hydro-pluviometric dynamics in this basin in order to understand the recurrence of flooding in the urban areas of Man, Guiglo, and Bangolo. The study of hydro-pluviometric characteristics is therefore essential to understanding the origins of this hydrological risk in these urban areas. To this end, statistical analyses have highlighted changes in precipitation as well as in the hydrological regime. Concurrently, the use of geographic information systems (GIS) has enabled the identification and spatialization of areas exposed to flooding. The results reveal annual and seasonal fluctuations in precipitation and runoff, with a high concentration during the period from July to October. This period is therefore particularly prone to the occurrence of high water levels and flooding. Furthermore, the study reveals that 28.67% of the urban area of Man is at risk of flooding. In Guiglo and Bangolo, the areas exposed to this natural hazard account for 49.88% and 36.63% of these urban areas, respectively. In this context, urban populations are exposed to this hydrological risk and are becoming increasingly vulnerable due to its recurrence.

KEYWORDS: watershed, flooding, exposure, recurrence, urban area.

RESUME: Les zones urbaines du bassin versant du N'zo, dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire, font face à une récurrence des inondations exacerbant la vulnérabilité des ménages qui y sont exposés. La présente étude a donc pour objectif d'analyser les dynamiques hydro-pluviométriques dans ce bassin afin de comprendre la récurrence des inondations dans les zones urbaines de Man, Guiglo et Bangolo. L'étude des caractéristiques hydro-pluviométriques est donc essentielle pour comprendre la genèse de ce risque hydrologique dans ces territoires urbains. A cet effet, les analyses statistiques ont permis de mettre en évidence l'évolution des précipitations ainsi que celle du régime hydrologique. Parallèlement, l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) a permis d'identifier et spatialiser les zones exposées aux inondations. Les résultats révèlent une fluctuation annuelle et saisonnière des précipitations et des débits, avec une forte concentration sur la période de juillet à octobre. Cette période s'avère donc particulièrement sensible à l'apparition des crues et des inondations. Par ailleurs, l'étude révèle que 28,67% de l'espace urbain de Man est exposé aux inondations. A Guiglo et Bangolo, les espaces exposés à ce risque naturel représentent respectivement 49,88% et 36,63 % de ces territoires urbains. Dans ce contexte, les populations urbaines sont exposées à ce risque hydrologique et deviennent de plus en plus vulnérables, en raison de sa récurrence.

MOTS-CLÉS: bassin versant, zone urbaine, inondation, exposition, récurrence.

1 INTRODUCTION

Les inondations urbaines constituent aujourd'hui l'un des risques hydrologiques majeurs affectant les zones urbaines, particulièrement en Afrique de l'ouest. Cette région enregistre de forte variabilité hydro-pluviométrique qui influence l'occurrence, l'intensité et la fréquence des crues et des inondations fluviales en milieu urbain (Z. Nouaceur, 2020, p 89- 109). Ces phénomènes sont le résultat de la combinaison de facteurs hydro-pluviométriques tels que l'intensification épisodes de précipitations extrêmes influençant ainsi les débits et de facteurs

anthropiques notamment l'urbanisation rapide et mal planifié. En Côte d'Ivoire, des chercheurs ont montré que la persistance des épisodes pluvieuses contribue significativement à l'augmentation du risque d'inondation (K. A. Coulibaly *et al.*, 2024, P 1-12). Le bassin versant du N'zo fait face à une occurrence des précipitations qui ont une incidence directe dans l'avènement des crues et des inondations. Les zones urbaines implantées dans cet hydrosystème n'échappent pas aux inondations qui sont de plus en plus récurrents et dommageables. Dans les zones urbaines traversées par les cours d'eau et leurs affluents, l'occupation des fonds de vallées, des zones basses et des lits majeurs des cours d'eau augmentent significativement l'exposition des populations et leurs biens aux débordements des cours d'eau lors des événements extrêmes (Z. Nouaceur, 2020, p. 102). Ainsi, à Man, Bangolo et Guiglo, les inondations sont de plus en plus régulières et rendent vulnérables les ménages qui sont affectés.

Cette étude se propose d'analyser les caractéristiques hydro-pluviométriques afin de comprendre la récurrence des inondations dans les zones urbaines du bassin versant du N'zo, qui sont de plus en plus vulnérables à ce risque naturel. Elle s'appuie sur une approche intégrée combinant analyses statistiques hydro-pluviométriques et analyses spatiales pour déterminer les zones d'aléas inondations dans ces villes. Cette approche vise à renforcer la compréhension des mécanismes d'appariations des inondations dans ces villes afin d'envisager une meilleure gestion de ce risque dans l'hydrosystème du N'zo.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 LA ZONE D'ETUDE

Les zones urbaines de Man, Bangolo et Guiglo sont situées dans le bassin versant du N'zo, sous bassin du Sassandra, circonscrit dans le district de la montagne. Ces zones urbaines constituent les villes majeures de ce bassin versant dont le principal cours d'eau est le N'zo. Ce cours d'eau et ses affluents drainent ce hydrosystème où sont implantées ces villes.

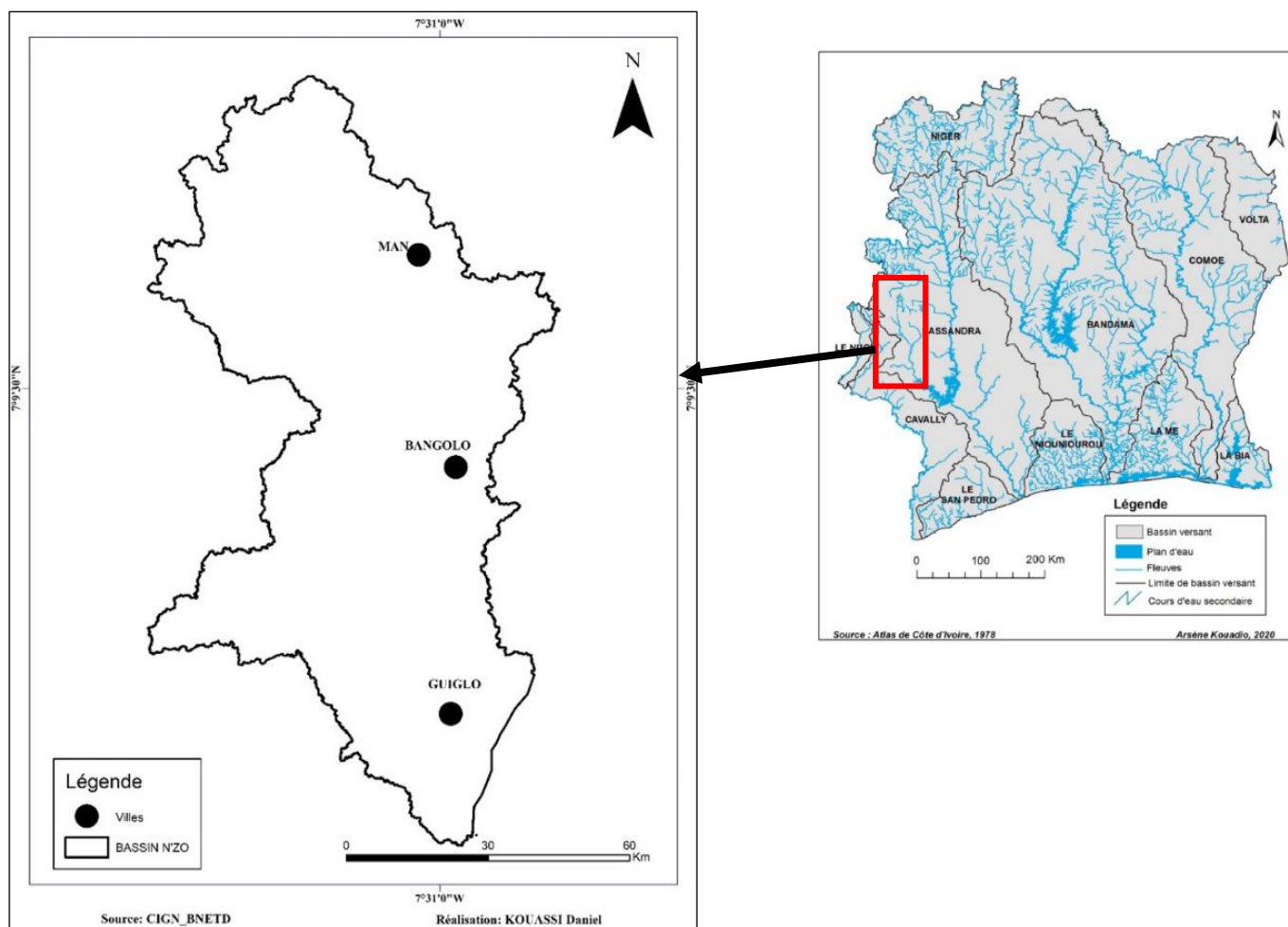


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

2.2 DONNEES D'ETUDES

Les séries de données pluviométriques mensuelles utilisées dans la présente étude sont des données satellitaires CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), accessible via le site www.climateEngine.org. Ces données couvrent largement le bassin versant permettant l'analyse de la pluviométrie.

De plus, Les données hydrométriques (débits journaliers) ont été obtenues auprès de la Direction de l'Hydrologie Humaine (DHH) du Ministère de l'hydraulique. Elles sont issues de cinq (05) stations hydrométriques, implantés à l'intérieur du bassin versant.

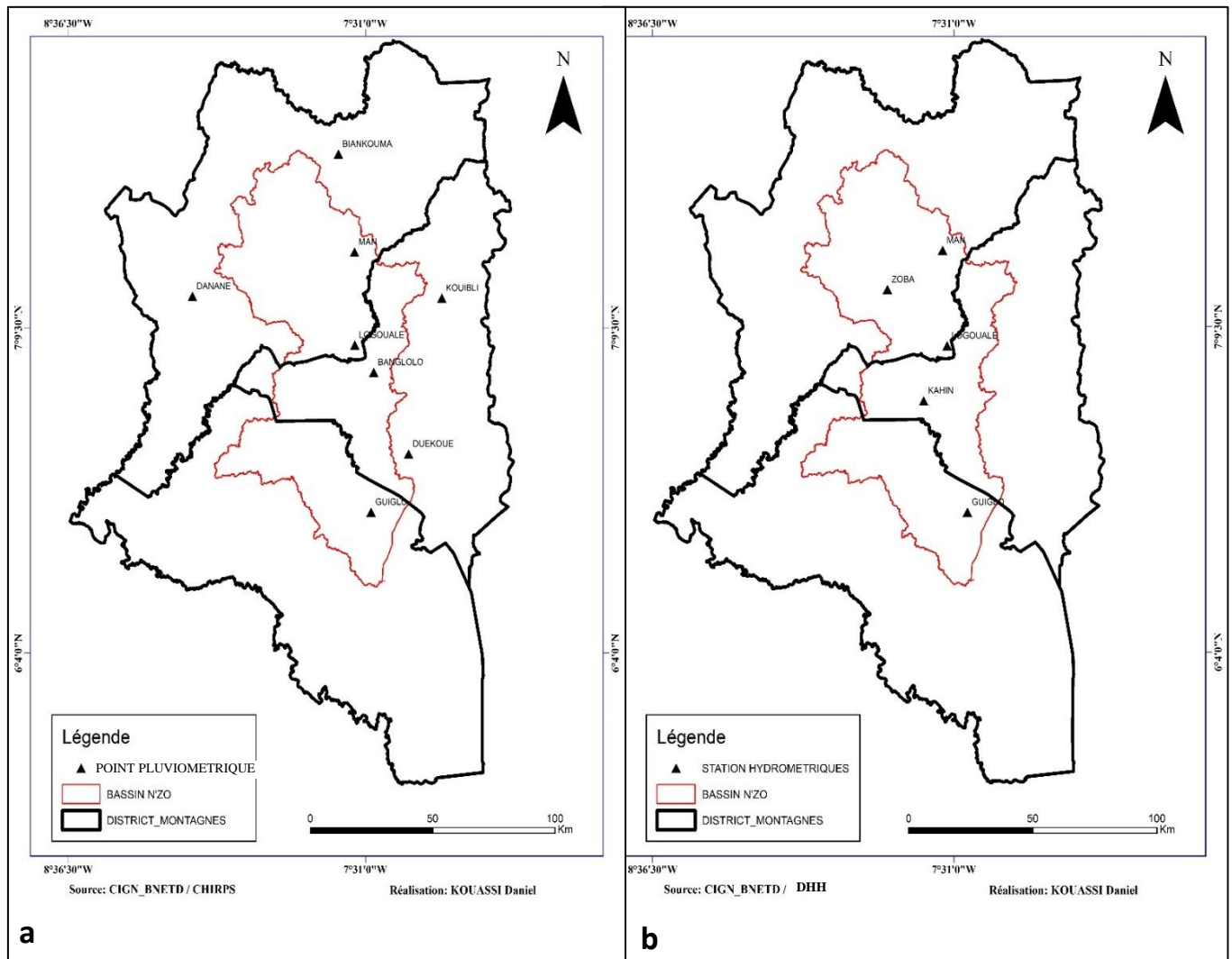


Fig. 2. Réseaux de points pluviométriques (a) et hydrométriques (b) du bassin versant du N'zo

Par ailleurs, l'image Shuttle Radar Topography Mission (STRM) a permis de faire ressortir les principaux éléments physiques (altitudes, pentes, cours d'eaux) des zones urbaines. L'image a été téléchargée sur le site internet <http://earthexplorer.usgs.gov> avec les caractéristiques suivantes: 30 m de résolution spectrale, format du fichier Tiff, capture faite en 2020.

2.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

2.3.1 ANALYSE DE L'EVOLUTION PLUVIOMETRIQUE

L'analyse de l'évolution pluviométrique sur la période allant de 1982 à 2022 repose sur l'exploitation des cumuls annuels (*Pan*) calculés par l'agrégation des données mensuelles. Elle repose donc sur une approche statistique à partir d'Excel.

Cette approche permet donc de d'analyser l'évolution interannuelle précipitation au sein du bassin versant et d'appréhender les tendances globales pluviométriques au cours de cette série.

2.3.2 CARACTERISATION DE LA VARIATION SAISONNIERE ET MENSUELLE DES PLUIES

L'étude des précipitations mensuelles est d'une grande importance en hydrologie car elle permet d'affiner l'analyse des pluies annuelles en mettant en évidence la répartition saisonnière et inter-mensuelle (A. Laaroubi, 2007, cité par A. Bodian, 2011, p. 108). En effet, si le total annuel est important, la distribution mensuelle de cet apport permet de déterminer les apports de chaque mois au total annuel. Cette analyse s'appuie sur une approche statistique permettant de mettre en évidence le maximum, le minimum, la médiane (50 %), mais aussi la moyenne mensuelle, l'écart type, le coefficient de variation des pluies.

L'analyse des mois humides et secs permet de vérifier leurs variations et leurs contributions à la nouvelle donne pluviométrique afin de mieux comprendre le comportement hydro-pluviométrique du bassin versant.

Cette méthode a été appliquée par E.O. Ndiaye (2016, p. 109), C.K. N'da (2016, p. 45-47), A. Bodian (2011, p. 108)) dans leurs travaux respectifs.

2.3.3 EVOLUTION DU REGIME HYDROLOGIQUE DES COURS D'EAUX DU LE BASSIN VERSANT

Le régime hydrologique est la réponse d'un bassin versant aux facteurs physiques stables et aux aléas climatiques et aux facteurs anthropiques (C. Faye, 2013, p. 135, A.A. Sow, 2007 cité par C. Faye *et al.*, 2015, p. 5). L'étude de la variation inter-mensuelle du débit s'est faite à travers l'analyse des débits moyens mensuels et par l'analyse des coefficients mensuels de débits (CMD) ou coefficient de Pardé qui a été mis en évidence par M. Pardé (1933, 1968). Ces deux indicateurs permettent d'analyser le comportement hydrologique inter-mensuel et d'appréhender les périodes de crues et d'étiages. Relativement aux coefficients mensuels de débit, ils sont le rapport entre le débit moyen mensuel et le débit moyen annuel. Ils sont obtenus à partir de la formule suivante:

$$CMD = \frac{Q' \text{ m}^3/\text{s}}{Q \text{ m}^3/\text{s}}$$

Avec

$Q' \text{ m}^3/\text{s}$ = Débit moyen mensuel

$Q \text{ m}^3/\text{s}$ = Débit moyen annuel ou module annuel

Selon la classification de M. Pardé (1968, cité par C. Faye *et al.*, 2015, p. 5), les coefficients mensuels de débits (CMD) qui sont supérieurs ou égaux à 1 déterminent la période de hautes eaux tandis que ceux qui sont inférieurs à 1 caractérisent les basses eaux. La variabilité interannuelle du débit se calque sur celle de la pluviométrie.

Cette approche a été mise en œuvre par différents travaux dont celui de O. Sene (1992, p. 84) et C. Faye *et al.* (2015, p. 5).

DETERMINATION DE LA PERIODE D'APPARITION DES CRUES ET DES INONDATIONS

La détermination des périodes d'apparitions des crues s'appuie sur les précipitations moyennes mensuelles et le débit moyen mensuelles. L'analyse de ces indicateurs statistiques permet de mettre en exergue les périodes de hautes eaux qui correspondent d'ailleurs aux périodes de fortes pluviées au cours desquelles les cours d'eaux débordent. Au cours de ces périodes le ruissellement urbain est aussi important et constitue des moments propices à l'apparition des inondations.

2.3.4 DETERMINATION DES ZONES D'ALEA D'INONDATION

L'identification de l'aléa est la première phase de l'élaboration de la cartographie des risques (O.L. Lumbe *et al.*, 2015, p. 46) à travers les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG).

Le modèle numérique de terrain, à partir de l'image STRM de chaque ville permet de faire ressortir la zone d'aléa d'inondation, à partir des fonds de vallées, des zones basses des lits et des lits majeurs des cours d'eaux avec leurs zones d'expansions. A partir de ce modèle, les zones inondables de chaque ville sont mises en évidence.

3 RESULTATS

3.1 EVOLUTION INTERANNUELLE ET TENDANCE DES PRECIPITATIONS À L'INTERIEUR DU BASSIN

La figure 3 présente l'évolution interannuelle de précipitations enregistrées à différents points d'extraction à l'intérieur du bassin sur la période 1982 à 2022. Il ressort de son analyse une tendance globale à la hausse des précipitations traduisant une intensification des épisodes pluvieux dans ledit bassin mais particulièrement dans les zones urbaines. En effet, les épisodes pluvieux sont marqués dans cette région du pays avec une moyenne globale estimée à 1678,4 mm et un maximum moyen globale de 2256,4 mm. Il ressort également que les

précipitations sont réparties inégalement de manière spatio-temporelle et varient sur l'ensemble du territoire. Les courbes d'évolutions évoquées par la figure 3 ci-dessous mettent en évidence cette répartition.

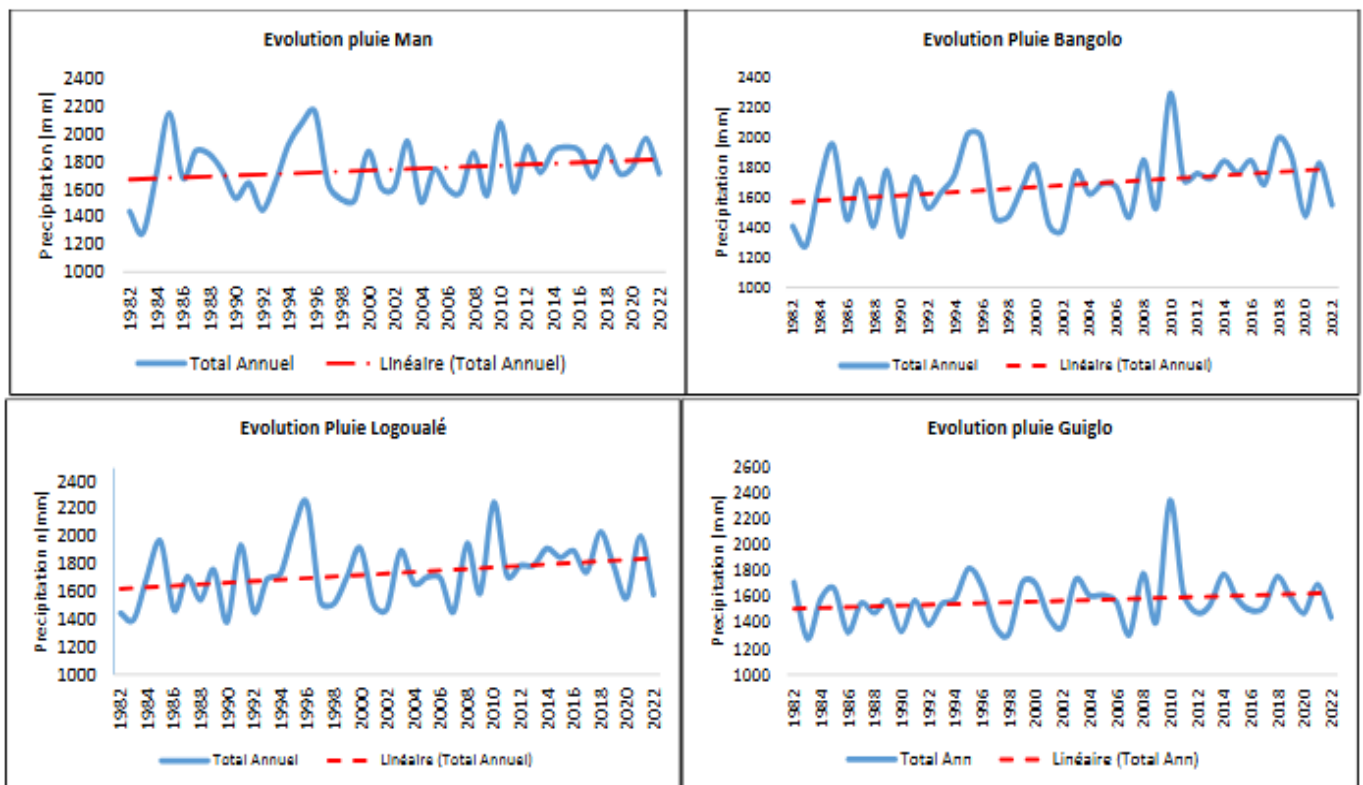


Fig. 3. Courbes d'évolutions interannuelles des pluies des stations du bassin du versant du N'zo de 1982 à 2022

De plus l'analyse de ces figures révèle que les précipitations sont abondantes dans les villes du bassin du N'zo. A Man, la moyenne interannuelle de la série est de 1739 mm, A Bangolo est de 1677 mm, à Guiglo 1567 mm et dans la station de Logoualé est estimé 1730 mm. Les années d'analyse montrent que les précipitations supérieures à la moyenne représentent 45% de la série de Man, 48,78% de Guiglo, 53,5% à Bangolo. Les précipitations sont donc majoritairement inférieures aux précipitations moyennes en dehors de Bangolo. Ce qui montre qu'une prédominance d'année moins bien arrosés que la moyenne. Il existe donc une irrégularité interannuelle des précipitations dans le bassin du N'zo. Cependant le bassin versant demeure dans l'ensemble bien arrosé malgré les disparités dans la répartition des quantités d'eau de pluie.

Cette forte pluviosité s'explique par les conditions climatiques particulières de la région influencée par la géomorphologie. Ces conditions sont évoquées dans des études antérieures Z. Koli Bi et Y. T. Brou (1996, p. 16) expliquent que le relief de la dorsale Guinéenne s'oppose à la pénétration du flux de mousson et provoque le soulèvement de la masse d'air humide favorisant ainsi cette forte pluviosité. Le milieu physique renforce donc la régularité et l'abondance des précipitations dans ces villes et dans cet hydrosystème.

En somme, bien que le régime pluviométrique du bassin versant du N'zo enregistre des fluctuations interannuelles, les tendances observées indiquent une augmentation de l'intensité des épisodes de pluie. Cette intensification des épisodes pluvieux qui est particulièrement marquée sur la dernière décennie, coïncide avec les crises d'inondations récentes qui ont affectés ces villes.

3.2 CARACTERISATION DE LA VARIATION SAISONNIERE ET MENSUELLE DES PLUIES

L'analyse des précipitations mensuelles moyennes de la période de 1982 à 2022, à travers la figure 4 ci-après, permet de définir le rythme saisonnier série temporelle dans le bassin versant du N'zo.

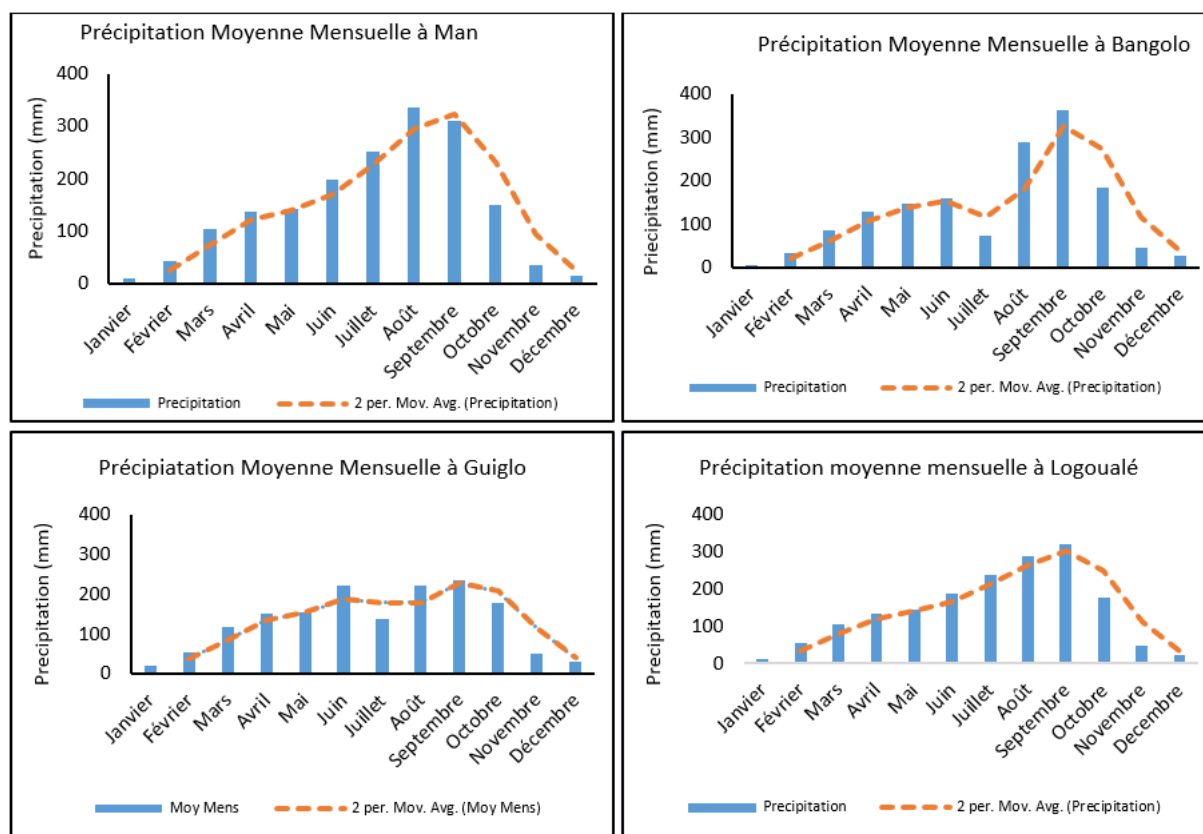


Fig. 4. Précipitations moyennes mensuelles des stations du bassin versant du N'zo de 1982 à 2022

L'évolution inter-saisonnière des données mensuelles de 1982 à 2022 révèle dans l'ensemble une régularité des précipitations caractérisées par une faible variabilité temporelle d'une station à une autre à l'échelle du bassin. C'est donc un régime unimodal bien marqué avec des saisons pluvieuses intenses. Les précipitations, bien que présentes tout au long de l'année, se concentrent de manière prépondérante d'Avril à Octobre. Cette période est marquée par une intensification progressive des pluies, atteignant un pic entre les mois de juin et octobre. Ainsi, ces cinq mois, se distinguent par une pluviosité régulière, intense et particulièrement élevée. A l'exception de la station de Man qui enregistre son maximum mensuel en Août, les autres stations enregistrent leur maximum mensuel en septembre. Ces deux mois sont les plus arrosés avec de très forte précipitation. Les moyennes mensuelles des précipitations varient selon les stations, atteignant 320 mm à Logoualé, 364 mm à Bangolo, 235 mm à Guiglo et 365 mm à Man. Le volume de précipitations durant ces pics mensuels sont significatifs attestant de l'intensité et de l'abondance des pluies dans cette partie du pays. Les précipitations mensuelles pluvieuses varient entre 129 mm et 365 mm, avec quelques épisodes pluvieux relativement faibles. Néanmoins, la saison des pluies se caractérise par des pluies fréquentes et abondantes, particulièrement marquées durant les mois d'août et septembre dans chaque station, soulignant l'importance de cette période dans le régime pluviométrique du bassin du N'zo.

L'analyse pluviométrique mensuelle démontre que le bassin versant bénéficie d'un régime pluviométrique généreux et régulier. La concentration des pluies sur une saison unique et intense, particulièrement entre Août et octobre, constitue la caractéristique climatique fondamentale majeure dans cette région. Dès lors, les périodes pluvieuses marquées par la régularité et l'abondance de précipitations, accentuées sur les cinq (5) mois pluvieux, font de ces mois des périodes sensibles à l'apparition des crues et des inondations. Cette susceptibilité d'apparition des crues et des inondations est remarquable au cours des mois d'août et de septembre, périodes au cours desquels l'hydrosystème du N'zo est abondamment arrosé. Il constitue donc des périodes qui nécessitent un suivi régulier face à la régularité des crues et des inondations dans les villes de cette région.

3.3 CARACTERISTIQUES DU REGIME HYDROLOGIQUE ET DYNAMIQUE DES ÉCOULEMENTS DANS LE BASSIN VERSANT DU N'ZO

3.3.1 CARACTERISATION DU REGIME HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU N'ZO

La figure 5 présente un ensemble de graphique relatif aux coefficients Mensuels de débit (CMD) de différents stations hydrologiques du bassin versant du N'zo. Le CMD est utilisé pour identifier les périodes de basses et de hautes eaux selon la classification de Pardé. L'analyse du CMD de ces stations hydrométriques montre un calendrier hydrologique globalement identique lié au régime pluviométrique régional qui caractérise le bassin.

Toutes les stations montrent un régime marqué qui se traduit par une saison de basses eaux de janvier à juin et un retour à l'étiage pour la plupart de ces stations à partir de novembre à l'exception de des stations de N'zo à Zoba et de N'zo à Guiglo dont l'étiage début en décembre. Au cours de cette période les CMD sont inférieurs à 1. Ces étiages annuels sont liés à la baisse de la pluviométrie, donc sont le résultat de l'influence de la saison sèche. Les valeurs de CMD les plus faibles sont enregistrés entre janvier et Avril mais connaissent une augmentation progressive à partir de mai avec la reprise progressive des précipitations. Le sous bassin de Koh avec le station de Man et de Logoualé révèle des CMD encore plus bas que les stations implanté sur le N'zo (Zoba, Kahin, Guiglo). Ce qui indique un milieu plus torrentiel, typiques des zones montagneuses de l'ouest du pays.

Les périodes de hautes eaux sont concentrées sur quatre mois correspondant à la période de juillet à Octobre de façon général mais s'étend particulièrement à novembre pour les stations de Zoba et Guiglo. Les seuils critiques supérieurs à 2 sont observés dans la plupart des stations aux cours entre Aout et Octobre, période au cours de laquelle les crues son abondantes. Les pics absolus ou maximaux sont enregistrés aux cours du mois de septembre avec des CMD oscillants entre 2,94 pour la station de de Guiglo à 3,79 pour la station de Kahin. Ces CMD sont près de 4 fois supérieures à la moyenne. Il ressort donc que le trimestre Aout-septembre-octobre constituent une période de surcharge du lit mineur entrant des débordements fluviaux à la base des inondations. Cette période de crue majeure résulte de pluies intenses, d'une saturation des sols et d'une forte conitriion des affluents favorisent ainsi le débordement des cours d'eaux. Les résultats montrent un régime très saisonnier avec des crues maximales en Aout et septembre traduisant une forte probabilité d'inondation dans les lits moyen et majeur de ces cours d'eaux. Cet hydrosystème est aussi marqué par une forte dominance des saisons des pluies influençant le comportement hydrologique des cours d'eaux tel que mesuré par les CMD. Ainsi, le mois d'Aout à Octobre sont associés à des risques d'inondations accrues en raison de CMD élevés.

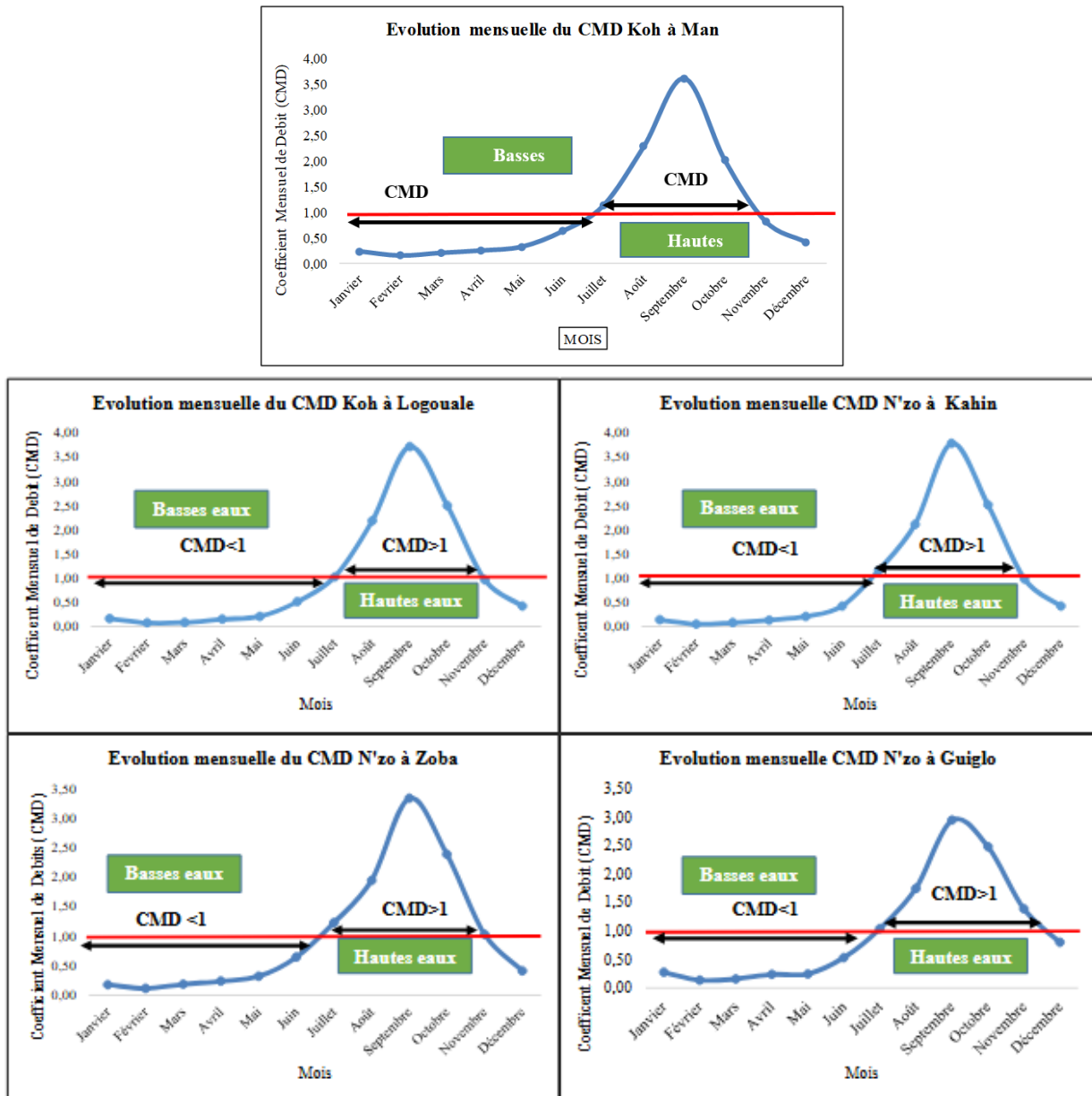


Fig. 5. Coefficient Mensuel de Débits du bassin versant du N'zo de 1982 à 2022

3.3.2 CARACTERISTIQUES STATISTIQUES DU CYCLE HYDROLOGIQUE ET DYNAMIQUE DES ÉCOULEMENTS DANS LE BASSIN VERSANT DU N'ZO

Le cycle hydrologique dans le bassin du N'zo présente une forte variabilité interannuelle et saisonnière. Les statistiques descriptives issues de cinq stations hydrométriques permettent de mieux comprendre la dynamique des écoulements d'eau, les périodes de crues et d'étiages, ainsi que leurs implications dans l'avènement des crues et des inondations.

Tableau 1. Statistiques hydrologiques u bassin versant du N'zo

Indicateurs	Koh à Man	Koh à Logoualé	N'Zo à Zoba	N'zo à Kahin	N'zo à Guiglo
Moyenne annuelle	3,21	14,19	16,05	62,43	70,58
Débit minimum mensuel	0,47	1,06	1,8	3,02	9,82
Débit maximum mensuel	11,59	52,75	53,5	236,44	207,77
Écart-type	3,49	16,76	16,73	74,98	67,43
Médiane	1,65	6,62	8,47	26,29	47,12
Coefficient de variation (%)	108,71	118,11	104,3	120,10	95,53

Source: Traitement de données

La moyenne annuelle des débits varie d'une station à une autre et est en rapport avec la superficie de l'espace drainé mesuré par chaque station. Elle varie entre 3,21 m³/s mesuré à la station de Koh à Man, à 70, 58 m³/s mesuré à la station de Nzo à Guiglo. Ces valeurs indiquent que les variations des débits constatés sont intimement liées à la quantité d'eau qui s'écoule au point de collecte. Cette variation ne reflète donc pas une variabilité pluviométrique majeure aussi du bassin. Dans l'ensemble le bassin bénéficie d'un régime pluviométrique abondant qui conditionne le fonctionnement hydrologique.

L'analyse statistique inter-mensuelle révèle que les débits maximums sont importants aux stations de N'zo à Kahin et de N'zo à Guiglo, puis de N'zo à Zoba. Les pics mensuels élevés à ces stations s'expliquent par le fait que ces stations mesurent des précipitations sur l'affluent principal du bassin versant qui est le N'zo. Ces pics observés à toutes les stations mettent en évidence le rôle crucial de la saison des pluies dans le renouvellement et le remplissage des cours d'eaux, constituant ainsi le sommet du cycle hydrologique. En outre, dans toutes ces stations, l'écart-type est élevé par rapport à la moyenne. Ce qui indique que les zones urbaines du bassin du N'zo reçoivent des volumes d'eau dépassant la normale, facteur donc de genèse de crue et d'inondation.

Par ailleurs, avec des valeurs supérieures à 100% dans presque toutes les stations, le coefficient de variation confirme la forte irrégularité du régime hydrologique. Cela reflète une alternance marquée entre la période d'étiage et de hautes eaux dans le cycle hydrologique annuel au sein du bassin versant.

Ainsi, les statistiques descriptives hydrologiques révèlent un cycle hydrologique typique au climat tropical à deux saisons contrastées. Les mois de juillet à octobre constituent les mois de recharge intense du système hydrologique tandis que les mois de janvier à mars représentent la phase d'étiages. La période des hautes eaux constitue donc des périodes potentielles d'expositions des populations aux inondations.

3.3.3 RYTHME SAISONNIER DES CRUES ET DES INONDATIONS DANS LES ZONES URBAINES DU BASSIN VERSANT

L'analyse des moments d'occurrence des crues et des inondations du bassin du N'zo a permis de constater que celles-ci sont observées globalement au cours de la saison des hautes eaux entre juillet et octobre. Au cours de cette période, il est à noter une pluviosité importante qui a pour corollaire l'augmentation des débits des cours d'eaux et un ruissellement important en milieu urbain. Ainsi, l'importance des précipitations favorise l'augmentation des débits des cours d'eaux dont les débits fluviaux maximaux sont mesurés en septembre, mois qui enregistre un pic pluviométrique. La figure 6 ci-dessous montre les périodes d'appariations des crues (Août, septembre, octobre). Par ailleurs, au cours de cette période sont observés des inondations pluviales liées au ruissellement urbain. Ainsi, au cours de cette période, les inondations fluviales et pluviales sont enregistrées de façons simultanées au regard de réalité physique liées surtout à la topographie et l'abondance pluviométrique.

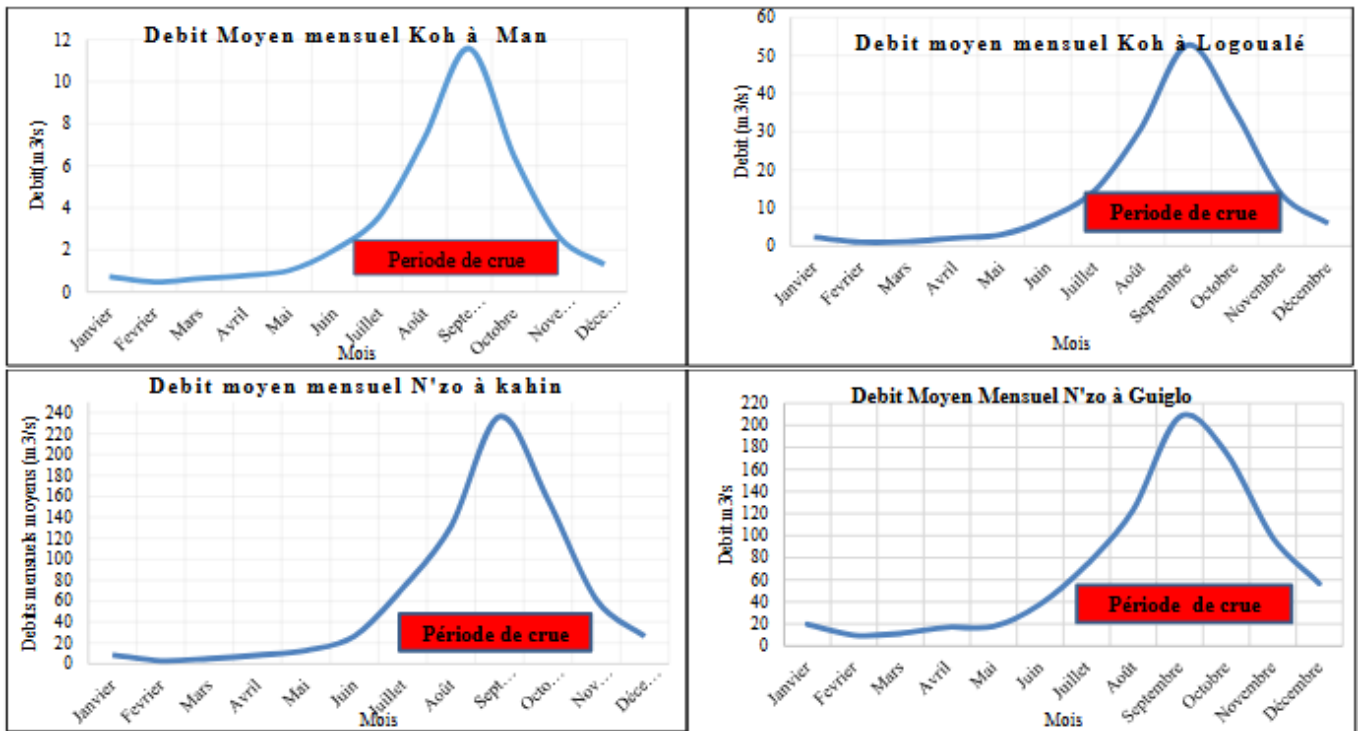


Fig. 6. Période d'apparitions des crues et inondations ans le bassin versant du N'zo

Les drains des cours d'eaux principaux de ce hydrosystème, reçoivent les eaux de la portion supérieure du bassin totalisant des débits exceptionnels au cours des périodes de hautes eaux. Ainsi, les débits leur maximum en septembre. Les crues sont donc homogènes à l'intérieur du bassin versant du N'zo. Cependant, la valeur des débits varie d'une station à une autre selon l'importance de l'écoulement. Par conséquent au niveau de la station de Koh à Man, les débits moyen maximums sont estimés à $12 \text{ m}^3/\text{s}$ au mois de septembre; celui de Koh à Logoualé $52 \text{ m}^3/\text{s}$. La faiblesse relative des débits enregistrés au niveau de ces deux stations sont en lien avec le type de ressource en eaux. En effet, la rivière Koh est un affluent du Nzo et donc est moins drainé par rapport au cours principal qu'est le N'zo. Nonobstant, en période pluvieuse le Koh et les rivières connexes subissent des débordements pour envahir les zones occupées par les populations.

À l'opposé, les stations hydrométriques installées sur le fleuve N'zo enregistrent des débits plus importants par rapport à ceux installés sur le Koh. Mais, il y a une convergence entre l'ensemble de ces stations sur la période des hautes eaux. Dès lors, ces deux stations enregistrent leur maximum également en septembre. Celle du N'zo à Kahin enregistre un pic de $240 \text{ m}^3/\text{s}$ tandis que celui de N'zo à Guiglo enregistre un pic de $218 \text{ m}^3/\text{s}$. Ces crues sont donc engendrées par une saison des pluies intense et régulière et résulte toujours, soit d'une succession de pluies de valeurs normales, soit d'une précipitation exceptionnelle en deux ou trois jours consécutifs. Lorsqu'elle a une ampleur importante, elle inonde de grandes étendues.

L'analyse des débits moyens mensuels permet d'appréhender le rythme saisonnier des crues. Elles apparaissent donc entre juillet et octobre avec une accentuation au cours des mois d'août et de septembre. Ces deux derniers mois constituent à l'évidence des périodes de fortes sensibilités au débordement fluvial, donc à l'inondation. Dès lors, l'apparition du phénomène d'inondations au cours de ces deux mois est donc évidente, nécessitant une vigilance des populations. La périodicité des crues et des inondations, est en conséquence annuelle et est le résultat de saisons de pluies régulières et intenses, en raison de la particularité de climat de cette région du pays.

3.4 SPATIALISATION DES ZONES D'INONDATION DANS LES TERRITOIRES URBAINS AFFECTES

3.4.1 ANALYSE SPATIALE DES ZONES D'INONDATIONS À MAN

La ville de Man enregistre un important espace sujet aux inondations. Ces secteurs correspondent pour la plus part à des bas-fonds situés le long des cours d'eaux (Koh, Drou...) et rivières. À ces zones sont aussi associés les sites marécageux qui subissent le débordement fluvial et le ruissellement urbain (figure 7).

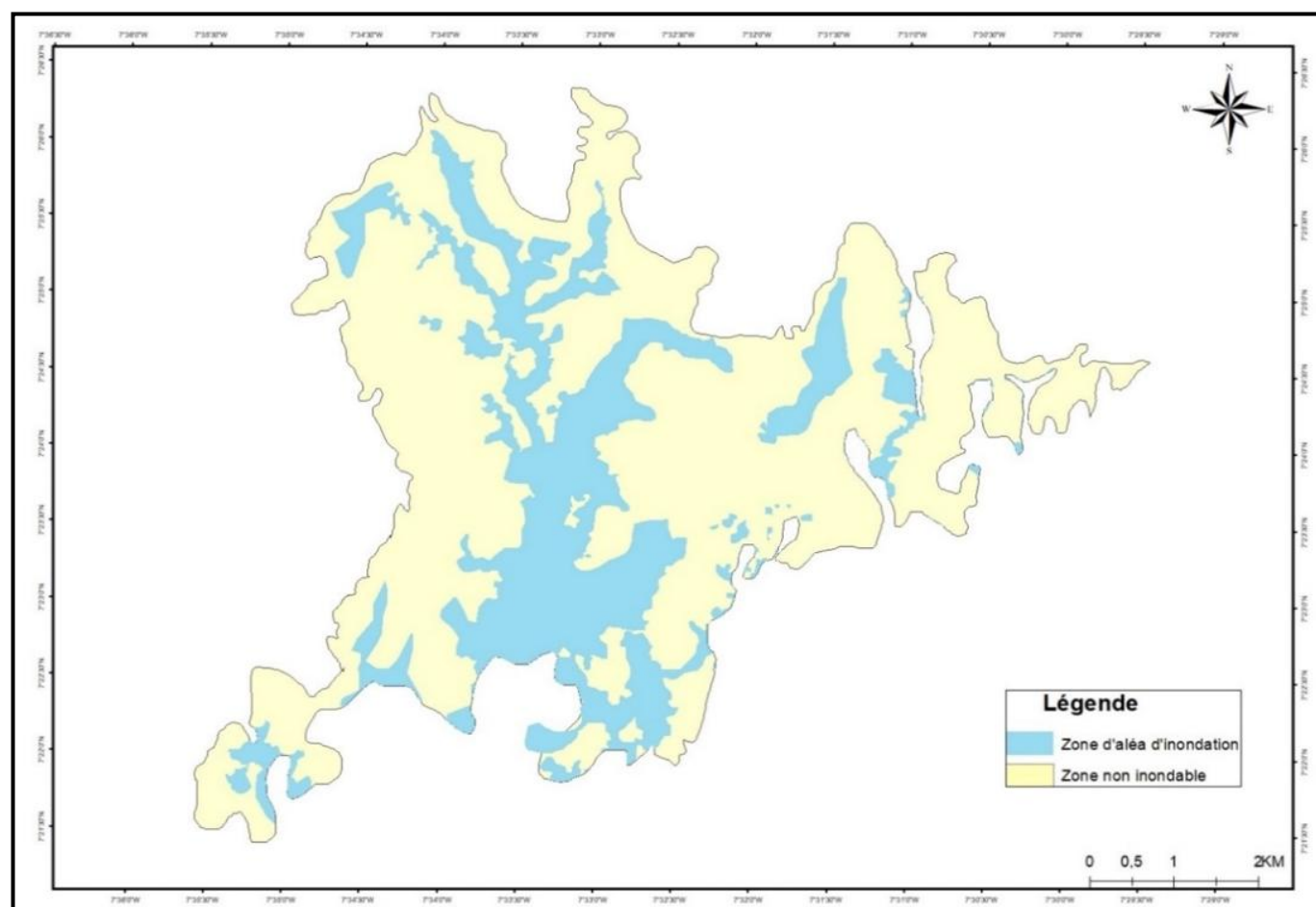


Fig. 7. Carte des zones d'aléa d'inondation dans la ville de Man

Les zones d'aléas d'inondations correspondent donc à la zone d'influence des cours d'eau et des zones marécageuses situés les longs d'eaux et des rivières. Les espaces inondables sont importantes dans ces villes au regard de la topographie qui y est prédisposés. Ils représentent 28,67% de l'espace urbains de la ville, soit 1142,84 ha. La proportion des zones inondables à Man est importante et résulte de la configuration géomorphologique particulière de la ville. En effet, la ville est entourée de massifs montagneux et de plateaux confèrent au territoire urbain un relief accidenté. Ainsi, les pentes accentuées favorisent l'écoulement rapide des eaux vers les bas-fonds et aux vallées riveraines des cours d'eaux. Ces ruissellements urbains favorisent la recharge des cours d'eaux qui débordent et l'accumulation des eaux dans les zones marécageuses, faisant de ces sites des zones inondables.

Ces sites de Man sont donc naturellement soumis aux aléas inondations, qui sont d'ailleurs fonctions des débordements des cours d'eaux et rivières qui traversent la ville et en partie du ruissèlement pluvial. Ce qui favorise une concentration et une expansion des eaux dans les fonds de vallées ou dépressions parfois larges. Ainsi, la présence des enjeux humains à savoir la population, les bâtis, les activités économiques sur ces sites exposent les populations et leur bien aux risques d'inondations.

3.4.2 LES ZONES D'ALEA INONDATION À BANGOLO

La ville de Bangolo n'échappe pas aux aléas d'inondations surtout au débordement fluvial. Sa spatialisation est présentée par la figure 8 ci-dessous. L'analyse de la figure révèle une configuration territoriale qui s'articule autour des zones inondables et des zones non inondables (zones sécurisées). Bangolo présente une superficie de 1112,97 ha. 705,25 ha soit 63,37% représentant 2/3 du territoire de la ville sont peu exposé à l'aléa inondation. Ces espaces sont donc plus propices à l'installation humaine. Par contre, 407,72 ha soit 36,63 % constituent des zones inondables. Elles occupent donc une proportion importante, représentant plus d'un tiers du territoire urbain. Cette exposition à l'aléa inondation s'explique par la configuration géomorphologique de cette zone urbaine caractérisée par la présence de zone marécageuse (bas-fonds) et des rivières (rivière Lebaho et Doh Sahein).

La proximité des cours d'eaux constitue un facteur déterminant dans la dynamique de l'aléa inondation. En période de forte pluie, les crues entraînent un débordement naturel des eaux vers les zones de dépression, les zones marécageuses et les zones basses entraînant par conséquent leur submersion. Lors des épisodes de crues, le débordement s'étend naturellement vers les zones bases et les zones

marécageuses. Ainsi, les zones d'aléas d'inondations à Bangolo sont étendues autour de ces cours d'eaux et dans ces bas-fonds qui sont envahies par les eaux débordantes et ruisselantes. L'aléa inondation dans cette zone urbaine est essentiellement fluvial mais exacerbé par le ruissellement urbain. En conséquence, il affecte globalement les quartiers et les espaces anthropisés qui sont implantés dans le lit moyen et majeur de ces cours d'eaux.

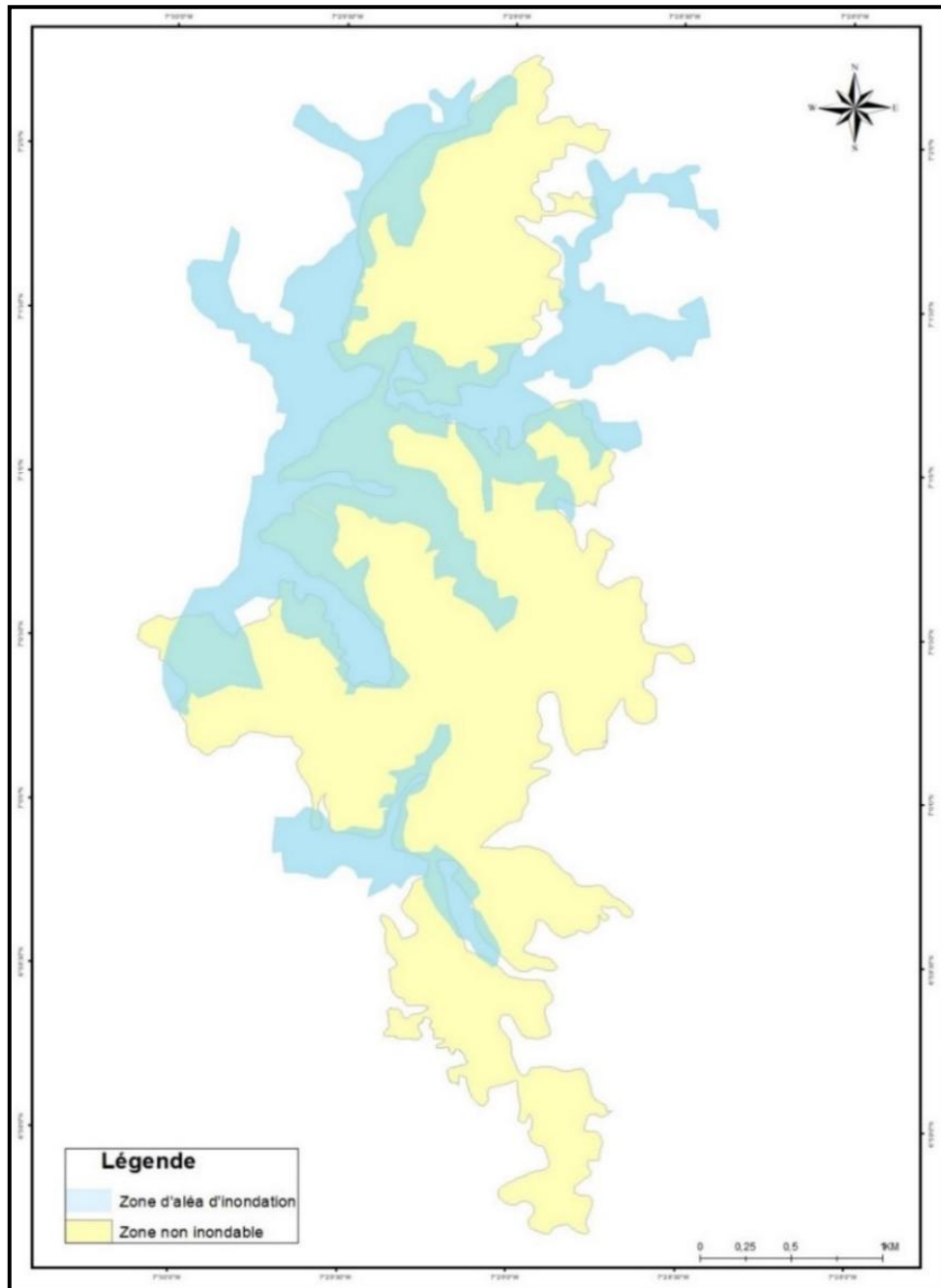


Fig. 8. Zones d'aléas d'inondation dans la ville de Bangolo

3.4.3 LES ZONES D'ALEAS D'INONDATIONS À GUIGLO

L'analyse des événements d'inondations survenues dans la ville de Guiglo permet de spatialiser les zones affectées régulièrement par les crues et les inondations, comme l'indique la figure 9. Les secteurs les plus exposés sont ceux qui se trouvent dans les plaines inondables des cours d'eau du N'zo et de son affluent le Nicla. La géographie des sites inondables montre que ces zones se sont développées pour la plupart sans planification adéquate au détriment des règles en matière d'occupation de l'espace urbain. C'est l'aléa inondation fluvial qui y est régulier. Les zones affectées par les aléas inondations dans la ville de Guiglo sont exposés dans la figure ci-dessous.

La ville de Guiglo est géographiquement entourée par les cours d'eaux et enregistre un important espace marécageux. Son espace urbain est donc naturellement exposé à l'aléa inondation en période pluvieuses. L'occupation de ces sites par les populations, qui y construisent et développent des activités agricoles expose ces enjeux aux risques d'inondations. Cette exposition aux risques d'inondations s'explique donc par la position géographique de la ville au sein d'un réseau hydrographique dense, tributaire du fleuve N'zo. Lors des épisodes pluviométriques, ces cours d'eaux subissent un débordement pour envahir les zones basses, de plus en plus urbanisées et où des activités rizicoles s'y déroulent. Ainsi, 1020,82 ha, soit 49,88% de l'espace urbain de Guiglo est classé en zone inondable. Toutefois, 50,12% du territoire urbain est situé en zone non inondable, représentant 1025,82 ha.

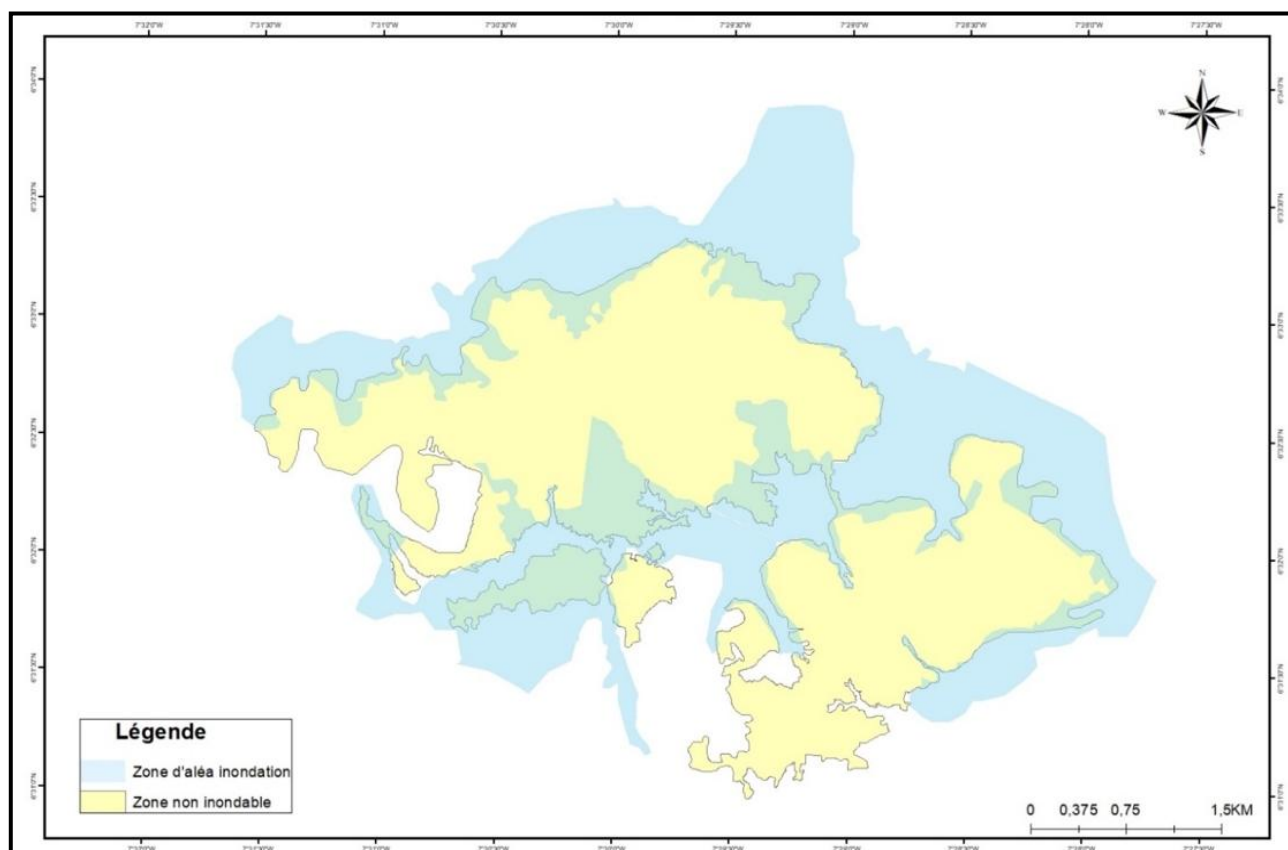


Fig. 9. Zones d'aléas inondation dans la ville de Guiglo

4 DISCUSSIONS

L'étude révèle que le contexte climatique est caractérisé par une forte pluviosité marquée par une régularité. Les caractéristiques pluviométriques mises en évidence traduisent l'intensification des épisodes pluvieux, leurs régularités et leurs occurrences de plus en plus extrêmes. Ainsi, les pluies constituent le facteur déclencheurs de l'aléa crues et inondations dans le bassin versant du N'zo, singulièrement dans les zones urbaines de cet hydrosystème.

Cette abondance pluviométrique favorise la recharge des cours d'eaux dont le débordement dans les espaces urbains favorise les inondations des enjeux implantés dans leurs zones d'expansions. Ces zones d'expansion sont proches des rives de ces cours d'eaux au relief relativement plat ainsi que des zones marécageuses, qui sont aussi influencée après le ruissellement urbain.

Les épisodes pluvieux sont mis en avant dans différents travaux comme étant l'élément déclencheur des phénomènes d'inondations. En effet, l'aléa inondation découle de la pluviométrie, dont l'intensification provoque des crues et des inondations. Les travaux de O. Cisse et al (2019, p.104) indiquent qu'à Dakar, les inondations se sont accentuées à partir de 2005 sont le reflet de l'augmentation de la pluviométrie annuelle et une récurrence des saisons pluvieuses à partir de cette date. Cette étude corrobore donc l'analyse selon laquelle l'augmentation et l'intensification de la pluviométrie sont des facteurs de genèses de crues

Les inondations dans les zones urbaines du bassin du N'zo sont donc à la fois fluviales et pluviales, marquées par une forte incidence des événements hydro-pluviométriques. Elles sont dues à la fois liées aux facteurs naturels notamment la pluviométrie, l'hydrologie ainsi que par les facteurs humains à travers l'occupation de l'espace, l'urbanisation mal maîtrisée. O. Dembélé et I. Ouattara (2019, p.274) évoque dans ce sens que les inondations à Bamako sont dues à la fois à l'occupation des zones inondables par les populations et par une perturbation

des régimes des cours d'eau et des régimes pluviométriques, provoqués par la variabilité du climat. Cette étude à Bamako révèle les préoccupations qui sont rencontrés dans les villes africaines surtout celles l'Afrique de l'ouest qui sont confrontés relativement aux mêmes facteurs d'occurrences des crues et des inondations. Ces analyses sont évoquées dans différentes études dont celles de M. Tchindjang et al (2019, p.26).

5 CONCLUSION

Ce travail de recherche aborde une problématique qui est de plus en plus préoccupante dans les villes secondaires de la Côte d'Ivoire; à l'instar de la mégalopole Abidjanaise. Il a permis de comprendre le contexte hydro-pluviométrique dans lequel s'inscrit la dynamique des inondations qui affectent les villes de Man, Bangolo et Guiglo.

L'élément déclencheur de ces phénomènes d'inondations est la précipitation. La pluie, source d'espoir, constitue pour ces zones urbaines un facteur de vulnérabilité au regard de l'importance des espaces qui y sont exposés.

Ainsi, l'avènement de la saison d'hivernage est donc souvent vécu par les populations habitant les zones à risques d'inondations avec beaucoup d'angoisse et d'inquiétude. La pluie, au-delà de son caractère naturel, est amplifiée par les actions des populations qui se traduisent par l'occupation anarchique des espaces urbains. Des sites, qui vraisemblablement ne présentent aucun danger en période de sécheresse pour une catégorie de citoyens, sont en fait des sites prédisposés au risque d'inondations. La sécurité de ces sites est mise alors en cause dès l'amorce des périodes pluvieuses, dont la régularité rend vulnérable les populations qui y sont installées. Par conséquent, les inondations sèment la désolation au sein d'une population dont la majorité a une condition sociale modeste.

La spatialisation des zones d'aléas inondations confirme l'exposition de ces zones urbaines à ce risque hydro-pluviométrique. Face à la récurrence de ce phénomène et la vulnérabilité des exposés, il est fondamental pour les gestionnaires de ces villes d'intégrer les paramètres hydro-pluviométriques dans schémas de planification urbaine. Une telle approche est indispensable pour réguler l'occupation de l'espace urbain et garantir, à terme, la protection et la résilience des populations.

REFERENCES

- [1] A. A. Sow, Variabilité climatique et risques hydrologiques au Sahel, Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 287 p., 2007.
- [2] A. Kangah et K. A. Coulibaly, Application de la géomatique et de l'analyse multicritère à la cartographie du risque d'inondation dans la ville d'Agboville. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.6.2024.p562>, 2024.
- [3] A. Laaroubi, Modélisation hydrologique et gestion des ressources en eau dans les bassins versants africains, Mémoire de Master, Université de Fès, 2007.
- [4] A. BODIAN, Approche par la modélisation pluie-débit de la connaissance régionale des ressources en eau: Application au haut bassin du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat unique, Département de Géographie, UCAD, 287 p, 2011.
- [5] C. Faye, Hydrologie et risques hydrologiques en Afrique de l'Ouest, Dakar: Presses Universitaires de Dakar, 256 p., 2013.
- [6] C.Faye, S.D. El Hadji et I. Mbaye, Impacts des changements de climat et des aménagements sur les ressources en eau du fleuve Sénégal: caractérisation et évolution des régimes hydrologiques de sous-bassins versants naturels et aménagés, Belgeo [En ligne], 4 | 2015, mis en ligne le 30 décembre 2015, consulté le 10 décembre 2020.
URL: <http://journals.openedition.org/belgeo/17626>; DOI: <https://doi.org/10.4000/belgeo.17626>.
- [7] C. Oumar et M. Seye, Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des ménages et communautés face aux inondations: cas de Yeumbeul Nord à Dakar, In: Les inondations au Sénégal, Paris: Éditions Karthala, pp.97-135, 2019.
- [8] H. J. Amon Ossein, A. P. Dibi-Anoh, et K. C. N'da, « Exploitation de données CHIRPS et Terraclimate pour l'étude des pluies urbaines sur le district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire) », Editions Francophones Universitaires d'Afrique, pp. 32-61, 2023.
- [9] KOLI BI Zuéli., BROU Yao Télesphore, 1996: Le climat de l'ouest de la Cote d'Ivoire, in Atlas de l'Ouest de la Cote d'Ivoire, pp. 16-21.
- [10] K. Sène, Hydrologie et aménagement des bassins versants, Dakar: ORSTOM, p. 84, 1992.
- [11] K. A. Coulibaly, K. C. N'Da, D.Sylla et P.A. Dibi-Anoh, B. T. A. Goula, Persistance des Séquences Pluvieuses et Risques d'Inondations de 1971 à 2022 en Côte d'Ivoire, ESI Preprints (European Scientific Journal, ESJ): Vol. 20 No. 9 (2024): ESJ Natural/Life/Medical Sciences.
- [12] M. Pardé, Fleuves et rivières, Paris: Armand Colin, 312 p., 1968.
- [13] M. Tchindjang., F.P Mbevo., A. Bopd, *Une Afrique Atlantique avec des villes sous l'eau ! Construire des villes côtières sans inondations?*, construire la ville portuaire de demain en Afrique atlantique, Edition emc, 30 P, 2019.
- [14] O.Cissé et M.Sèye, Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des ménages et des communautés de Yeumbeul Nord, in Les inondations à Dakar (Sénégal): gestion des risques et adaptations locales. Paris Karthala, pp. 97 à 134, 2025.
- [15] O. DEMBELE et I. OUATTARA, Contribution du SIG à la Prévention et à la Gestion des Risques d'inondation dans le District de Bamako au Mali, European Scientific Journal October 2019 édition Vol.15, No.30 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
Doi: [10.19044/esj.2019.v15n30.p.256](https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30.p.256), 2019.
- [16] O. L. Leumbe, D. Bitom, L. Mamdem, D. Tiki et A. Ibrahim, « Cartographie des zones à risques d'inondation en zone soudano-sahélienne: cas de Maga et ses environs dans la région de l'extrême-nord Cameroun », Afrique SCIENCE, vol. 11, n° 3, pp. 45–61, 2015.
- [17] Z. Nouaceur, Changements climatiques et extrêmes hydroclimatiques en Afrique, Paris: L'Harmattan, pp. 89–109, 2020.